

350533

Kötet- példányszám  
FRANKLIN-TÁRSULAT

MATEMATIKAI  
ÉS  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
ÉRTESITŐ.

A M. TUD. AKADEMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI FRÖHLICH IZIDOR OSZTÁLYTITKÁR.

XLVI. KÖTET.

NÉGY TÁBLÁVAL

---

MATHEMATISCHER  
UND  
NATURWISSENSCHAFTLICHER  
ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON I. FRÖHLICH KLASSENSEKRETÄR.

BAND XLVI.

MIT VIER TAFELN

---

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA.

1929.

EMELT KIADÁS  
S. 1.  
M. TUD. AKADEMIA





1929. május 5.

Kötetből példát  
Franklin-Társulat

MATEMATIKAI  
ÉS  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI  
ÉRTESÍTŐ

A M. TUD. AKADEMIA III. OSZTÁLYÁNAK FOLYÓIRATA

SZERKESZTI FRÖHLICH IZIDOR OSZTÁLYTITKÁR.

XLVI. KÖTET.

NÉGY TÁBLÁVAL

---

MATHEMATISCHER  
UND  
NATURWISSENSCHAFTLICHER  
ANZEIGER

DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

REDIGIERT VON I. FRÖHLICH KLASSENSEKRETÄR.

BAND XLVI.

MIT VIER TAFELN

---

BUDAPEST.

KIADJA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA.

1929.

50639



# TARTALOMJEGYZÉK.

## INHALTSVERZEICHNISS.

	<i>Lap</i>	<i>Seite</i>
BÁRÓ ANDREÁNSZKY GÁBOR: Tomillares és Phrygana növény-		
formációk előfordulása Korzika szigetén ... ..	37—45	
— Les formations végétales «Tomillares» et «Phrygana» en Corse	46—47	
BOROS ÁDÁM: A Nyírség flórája és növényföldrajza ... ..	48—53	
— Die Flora und die pflanzengeographischen Verhältnisse des		
Nyírség ... ..	54—59	
CsÁSZÁR ELEMÉR: Vizsgálatok az új kvantumelmélet köréből...	584—600	
— Untersuchungen aus dem Gebiete der neuen Quantentheorie	601	
CSIKI ERNŐ: Rendszertani tanulmányok a Carabidákon...	632—638	
— Systematische Studien an Carabiden ... ..	639	
VITÉZ BOKOR REZSŐ és FEHÉR DÁNIEL: Vizsgálatok eredménye az		
alföldi homokos erdőtalajok biológiai tevékenységéről ... ..	127—153	
— Biochemische Untersuchungen über die biologische Tätigkeit		
der sandigen Waldböden auf der ungarischen Tiefebene...	154—170	
FEHÉR DÁNIEL és VITÉZ BOKOR REZSŐ: Vizsgálatok eredménye az		
alföldi homokos erdőtalajok biológiai tevékenységéről ... ..	127—153	
— Biochemische Untersuchungen über die biologische Tätigkeit		
der sandigen Waldböden auf der ungarischen Tiefebene ... ..	154—170	
FEHÉR DÁNIEL és VITÉZ VARGA LAJOS: Vizsgálatok az erdőtalaj		
protozoa-faunájáról ... ..	235—271	
— Untersuchungen über die Protozoa-Fauna der Waldböden...	272—176	
FEHÉR DÁNIEL: Vizsgálatok az erdőtalaj biológiai tevékenysége-		
nek időszaki változásairól... ..	201—229	
— Untersuchungen über den zeitlichen Verlauf des Mikroben-		
lebens des Waldbodens ... ..	230—234	
FEHÉR DÁNIEL: Vizsgálatok az erdőtalaj N-anyagcseréjéről ...	171—191	
— Untersuchungen über den N-Stoffwechsel des Waldbodens ...	192—200	
GÓZONY LAJOS és HOFFENREICH FERENC: Kísérletek a Hämolysin		
tiszta előállítására savókból ... ..	114—125	
— Versuche zur Reindarstellung von Hämolysin aus Serum	126	
GYÖRFFY ISTVÁN: Mohateratologia: Sympedicellus Dichotomus és		
Epigones solenoidia esetei... ..	110—112	



	<i>Lap</i>	<i>Seite</i>
— Moosteratologie: Sympedicellus Dichotomus von Tetraploden Bryoides aus Finland und Epigonesolenoidia von Plagiobryum demisum aus der Hohen Tatra	113	
GREGUSS PÁL: A Melandrium Album pollentömlőinek hosszúsága és a nemi érettség determinációja közötti összefüggés	614	620
— Die Pollenschlauchlänge von Melandrium album und ihre Geschlechtsbestimmung	621	624
GREGUSS PÁL: A Bryonia Dioica és a Ginkgo biloba leveleinek sexualis dimorphismusa	625	628
— Sexual-Dimorphismus der Blätter von Bryonia dioica und Ginkgo biloba	629	631
GRYNAEUS ISTVÁN: Az egyszerű $p$ -vektorok redukciója	487	506
— La réduction des $p$ vecteurs simples	507	
GÄRTNER KÁROLY: A szének öngyulladásáról. A faszén és néhány hazai ásványi, különösen barnaszén gyulási hőmérsékének meghatározásáról	379	406
— Abhandlung über die Selbstentzündung der ungarischen Braunkohle	407	408
HOFFENREICH FERENC és GÓZONY LAJOS: Kísérletek a Hämolysin tiszta előállítására savókból	114	125
— Versuche zur Reindarstellung von Hämolysin aus Serum	126	
HUTYRA FERENC: A Calmette-féle gümőkórellenes védőoltások kísérleti alapja	1	15
— Die experimentelle Grundlage der Calmette'schen Schutzimpfungen gegen Tuberkulose	16	18
FINÁLY ISTVÁN: A Fülöppit és Keeleyit kémiai elemzése	673	675
— Chemische Analyse von Fülöppit und Keeleyit	676	
KOCH SÁNDOR: Eulithin Dognácskáról	640	642
— Eulithin aus Dognácska	643	
KONEK FRIGYES: Lokálanesztetikai szintézisek (folytatása). A. 3. methyloxysalicylsav vagy guajakolkarbonsav néhány új származéka: Egy új szubsztituált 3. äthoxy-salicylsav előállítása. Előzetes közlemény	348	360
— Lokalanästhetische Synthesen. (Über einige neue Derivate der 3-Methoxy-salicyl- oder Guajakolcarbonsäure. Eine neue substituierte, die 3-Aethoxy-Salicylsäure und ihre Darstellung. (Vorläufige Mitteilung)	361	362
KONEK FRIGYES: Analogia a Pyrazol és Tetrazol kémiájában	341	345
— Analogie in der Pyrazol und Tetrazolreihe	346	347
KOCH SÁNDOR: Fülöppit, egy új ásvány Nagybányáról	663	671
— Fülöppit, ein neues Mineral von Nagybánya	672	
KÖVESSI FERENC: Az élőlények fejlődése szabályosságának a magyarázata. (IV. Közlemény.) A biomotoros energia munka-		

	<i>Lap Seite</i>
képességének periodusos rezgőmozgást mutató változása a sejtek osztódásánál .....	458—482
— Erläuterungen der Gesetzmässigkeiten im Verlaufe der Lebenserscheinungen lebender Wesen. (Zusammenfassung der IV. Mitteilung.) Die Änderung der biomotorischen Kraft, die gelegentlich der Zellteilung eine periodische Schwingung zeigt .....	483—486
LÁNCOS KORNÉL: A megmaradási elvek invariants megfogalmazása az általános relativitás elméletében .....	554—572
— Die invariante Fassung der Erhaltungssätze in der allgemeinen Relativitätstheorie.....	573—575
MAUTHNER NÁNDOR: Az acetosyringon szintézise .....	294—297
— Die Synthese des Acetosyringons.....	298—299
MAUTHNER NÁNDOR: Vizsgálatok a $\gamma$ -Resorecylsavról .....	300—305
— Untersuchungen über die $\gamma$ -Resorecylsäure .....	306—308
MAURITZ BÉLA: Phillipszit a Balatonvidéki bazaltokból (egy táblával) .....	657—661
— Phillipsit aus den Basalten des Balaton-Oberlandes (mit einer Tafel) .....	662
Szőkefalvi NAGY GYULA: Topológiai vizsgálatok a gömbön fekvő zárt görbéken .....	759—788
— Topologische Untersuchungen über die geschlossenen orientierten Kurven auf der Sphäre .....	789—792
POGÁNY BÉLA és SCHMID REZSŐ: Az $NO_\gamma$ -sávok intenzitásáról.....	677—696
— Über die Intensität der $NO_\gamma$ -Banden .....	697
PUTNOKY LÁSZLÓ: Két adszorbeálható gőz levegő elegye adszorpciójának időbeli lefolyása.....	408—424
— Der zeitliche adsorptionsverlauf von Gasgemischen, welche ausser Luft noch zwei adsorbierbare Dämpfe enthalten .....	425—426
RADOS GUSZTÁV: Egy determinens-tétel általánosítása.....	724—734
— Über eine Verallgemeinerung eines Determinatensatzes .....	735—737
RYBÁR ISTVÁN: Új szerkezetű Eötvös-féle torziós inga.....	698—722
— Eine neue Konstruktion der Eötvös'schen Drehewage .....	723
SCHMID REZSŐ és POGÁNY BÉLA: Az $NO_\gamma$ sávok intenzitásáról .....	677—696
— Über die Intensität, der $NO_\gamma$ Banden .....	697
Soó REZSŐ: Kísérleti ökológiai tanulmányok a Balaton vidéken (Párolgásmérések különböző növényközvetkezetekben) .....	602—612
— Experimental-ökologische Studien am Balaton. (Transpirationmessungen an verschiedenen Pflanzengesellschaften).....	613—614
SZÁVA-KOVÁCS JÓZSEF: A Monzuncirkuláció lefolyásáról .....	427—440
— Über den Verlauf der Monsuncirkulation .....	441
TIHANYI MIKLÓS: Csoportok és periodusok szerkezete körosztási számtestekben .....	738—755
— Die Konstruktion der Gruppen und Perioden in den Kreis- körpern .....	756—757

	<i>Lap Seite</i>
TOKODY LÁSZLÓ: Proustit és Xanthokon Nagyágról	644—651
— Proustit und Xanthokon von Nagyág	652—656
TUZSON JÁNOS: Adatok a Magyar Alföld őskori növényzetének ismeretéhez (három táblával)	442—452
— Beiträge zur Kenntniss der Urvegetation des ungarischen Tieflandes (mit drei Tafeln)	453—457
VITÉZ VARGA LAJOS és FEHÉR DÁNIEL: Vizsgálatok az erdőtalaj protozoa-faunájáról	235—271
— Untersuchungen über die Protozoa-Fauna der Waldböden	272—276
VERMES MIKLÓS: Az elektroncsövek erősítésének és egyenirányításának általános tárgyalása	508—551
— Eine allgemeine Behandlung der Verstärkung und der Gleichrichtung der Elektronenröhren	552—553
WIEGNER JENŐ: Összetett rendszerek statisztikája az új kvantummechanika szerint	576—582
— Statistik zusammengesetzter Systeme nach der neueren Quanten-Mechanik	583
ZELOVICH KORNÉL: A vasúti üzem gazdaságosságának mértéke	60—107
— Das Maass der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes	108—109
ZEMPLÉN GÉZA: Trimethyl-Amin és más bázisok hatása acetobromcellobioszra	27—35
— Einwirkung von Trimethyl-Amin und anderen Basen auf Acetobromcellobiose	36
ZEMPLÉN GÉZA: Adatok a phlorricin és a quercitin szerkezetéhez	309—338
— Beiträge zur Kenntniss des Phlorrhidzins und des Quercitrins	309
ZEMPLÉN GÉZA: A Pictet-féle állítólagos nádeukor-szintézisről	362—376
— Über die vermeintliche Rohrzucker-Synthese von Pictet	377
ZSIVNY VIKTOR: Klebelsbergit, egy új ásvány Felsőbányáról. (Előzetes Közlemény)	19—24
— Klebelsbergit, ein neues Mineral von Felsőbánya. (Vorläufige Mitteilung)	25—26
ZSIVNY VIKTOR: Kenyérkergű andezitbomba Tusnádfürdőből	276—290
— Andezitische Brodkrustenbombe von Tusnádfürdő	291—293







## A CALMETTE-FÉLE GÜMÖKÓRELLENES VÉDŐOJTÁSOK KÍSÉRLETI ALAPJA.

HUTYRA FERENC r. tagtól.

A tuberkulózisnak, mint fertőző betegségnek kórtana két nevezetes tudományos felfedezésen alapul. Az egyik VILLEMÍN francia orvos nevéhez fűződik, aki 1865-ben kísérleteivel kimutatta, hogy a betegség emberről-állatra és állatról-állatra átojtható. A másik a betegség okozójának, a gümöbacillusnak felfedezése KOCH RÓBERT által 1882-ben. Ez a két megállapítás a gümőkórt végérvényesen a baktériumok okozta fertőző ragályos betegségek közé sorolta s ezzel új irányokat jelölt meg a megelőzése és gyógyítása számára. A gümöbacillus fölfedezésének évében közölte PASTEUR a baromfikolera elleni védőoltásokhoz kapcsolódó kísérleti eredményeit a lépfene elleni védőoltásokról s ezek nyomában világszerte megindultak az emberi és állati fertőző betegségek elleni immunizálásra s általában az immunitásra vonatkozó kísérletes tanulmányok.

Csak természetes, hogy ezek a tanulmányok, amelyek időközben több betegségre vonatkozólag nagyon értékes eredményeket mutattak fel, a tuberkulózis elleni immunizáló védekezést is célba vették, ezen a téren azonban a kutatások mindezideig nem vezettek az óhajtvá várt biztos eredményre. Más betegségek ellen többé-kevésbé bevált védőoltási módszerek analógiájára előlt gümöbacillusokkal és ezekből készült kivonatokkal, a legkülönbébb módokon szelidített élő tenyészetekkel, majd teljesen virulens gümöbacillusokkal is próbáltak kísérleti állatokat, sőt embereket is immunizálni. Itt-ott mutatkozott is biztató eredmény, de a gyakorlat céljaira is alkalmas megbízható védőoltás kérdése ma sem tekinthető még megoldottnak.



Ez a sikertelenség szembeszökő ellentétben áll a mindennapi tapasztalattal, hogy az emberek és a betegség iránt fogékony állatok nagy része a fertőzésre kedvező körülmények között sem betegszik meg tuberkulózisban. Van tehát ellene immunitás, melyet a természet létesít, csak nem ismerjük biztosan létesülésének feltételeit és nem tudjuk ezeket szándékosan megvalósítani. Ebben az irányban az utóbbi évtized tanulmányainak fontos eredményeképpen mindössze az a felfogás alakult ki, hogy a tuberkulózis elleni immunitás általában következménye megelőző enyhe, mulékony megbetegedésnek. Idősebb egyének azért immunisok, mert fiatalkorukban egyszeri vagy ismételt enyhe fertőzésen átestek s e közben a testükben legtöbbször egészen észrevétlenül végbement kóros folyamat oly módon alakította át a szervezetüket, hogy azontúl újabb fertőzést saját erejükből le tudnak küzdeni. A legutóbbi időben ez a felfogás akképpen módosult, — itt azonban már nem teljes az egyetértés a szakemberek között — hogy a szervezet csak akkor és csak addig immunis, amikor és ameddig élő gümöbaccillusok vannak a szöveteiben, mégpedig nem is szükségképpen az illető szervezetre nézve pathogen hatású, hanem esetleg velük rokon és csak kevésbé virulens bacillusok is. E felfogás szerint a gümőkór elleni immunitás ú. n. *fertőzései* vagy *lappangó immunitás*, hasonló, mint pl. a syphilisnél vagy némely protozoás betegségeknel (piroplasmosis, trypanosomiasis).

Ezt a felfogást vallja CALMETTE, a párizsi Institut Pasteur-nek a tuberkulózisra vonatkozó kutatásai révén világhírű tekintélyű igazgatója és e felfogás alapján dolgozta ki új védőoltási módszerét, mely főképpen azért keltett orvosi körökben élénk feltűnést és érdeklődést, mert azt 1921 óta gyermekeken is alkalmazza és ezideig már több mint 150,000 újszülött gyermek részesült ilyen kezelésben.

Az ojtóanyag a marhagümőkór bacillusának egy törzse, melyet CALMETTE munkatársaival (GUÉRIN, NÈGRE és BOQUET) 1908 óta 13 éven keresztül glicerines epével átitatott burgonyán tenyésztett. A háromhetenként új talajra átojtott törzs közben fokozatosan gyöngült megbetegítő hatásában, olyannyira, hogy végül, a 230. nemzedékben, már a gümőkóros fertőzés iránt

felette érzékeny tengerimalacokat sem betegítette meg többé, ennek ellenére azonban továbbra is megtartotta az allergiát és az immunitást kiváltó, ú. n. *antigen* hatását.

CALMETTE első idevonatkozó közlései szerint a törzs, melyet *BCG*-nek (*Bacille-Calmette-Guérin*) nevezett el, «tuberculigène», de «non tuberculigène», vagyis tuberkulint termel ugyan, de nem idéz elő tuberkulomokat, a mellett «parfaitement inoffensif», az élő testben nem válik virulenssé és az általa netalán mégis létesített helybeli kóros folyamat «non réinoculable», vagyis nem vihető át tovább állatról-állatra.

Ezzel a törzsszel CALMETTE és munkatársai nagyszámú tengerimalacot, házinyulat és borjút, majd majmokat is kezeltek és meggyőződtek arról, hogy beojtása után bizonyos idő elteltével az állatok nagy része ellenállott az erős, természetes vagy mesterséges gümőkóros fertőzésnek. A kedvező eredmények folytán CALMETTE az 1921. év nyarán a módszert a fertőzéstől veszélyeztetett gyermekeken is kezdte alkalmazni és azóta az eljárás nagyobb elterjedést nyert, túlnyomórészen a latinnyelvű országokban.

A védőojtás abban áll, hogy újszülötteknék életük első hetében kétnapi időközökben három ízben egy eg vaccinát (az epe hatása alatt szelidített gümöbacillustenyészetet) adnak be tejjel elkeverve a szájon át. E mellett gondot fordítanak arra, hogy a csecsemők lehetőleg védve legyenek a természetes fertőzéstől. Borjúknak szintén rövid idővel a születés után 5 cgm-ot a bőr alá fecskendeznek.

Nem szándékom ez alkalommal az új védőojtási módszer gyakorlati értékét közelebbről méltatni vagy bírálni. Csak annak felemlítésére szorítkozom, hogy a kezelést a kísérletekről eddig megjelent közlemények egyértelműen ártalmatlannak mondják és hogy szerintük jelentékenyen csökkent a ojtott gyermekek között a gümőkóros megbetegedések és halálozások arányszámát, CALMETTE maga pedig módszerével megoldottnak tekinti a gümőkór elleni védőojtás kérdését. Ezzel szemben más országokban, így nevezetesen Németországban, Angliában és Észak-amerikában, a szakemberek egyelőre tartózkodó álláspontot foglalnak el, különösen arra való utalással, hogy CALMETTE mód-

szerének ajánlásánál, eltekintve állatkísérleteinek tanulságaitól, csak statisztikai adatokra támaszkodik, ezt a statisztikát pedig nem tekintik meggyőző módon bizonyítónak. Mult ősszel a Népszövetség kezdeményezésére a kérdéssel foglalkozó szakemberek értekezletet tartottak Párizsban és ez alkalommal a bakteriológiai szakosztály tagjai, NOBEL kivételével, arra a megállapodásra jutottak, hogy «a kísérleti tanulmányok eredményei szerint a BCG ártalmatlan vaccina, mely nem idéz elő előrehaladó tuberkulózist», mindazonáltal a szakosztály szükségesnek mondotta a kérdés további kísérleti tanulmányozását.

★

A mai alkalommal csak azzal a kérdéssel óhajtok foglalkozni, hogy mennyiben helytálló és szilárd az az állatkísérleti alap, melyre CALMETTE védőoltásainál támaszkodik. Teszem ezt a m. kir. földművelésügyi miniszter úrnak megbízása alapján az 1916. év tavasza óta dr. SCHÜTZ FERENC munkatársam buzgó közreműködésével végzett kísérletes vizsgálatok alapján.

Az első kísérleteket a BCG-vaccina egy tenyészetével végeztük, melyet PREISZ HUGÓ egyetemi tanár kapott a párizsi Institut Pasteur laboratóriumából.

Mindjárt az első, inkább csak tájékoztató kísérletek arra, az akkor még meglepő eredményre vezettek, hogy két sorozatban 18 fiatal tengerimalac közül egy, mely 10 mg vaccinát kapott a hasüregébe, egy hónap múlva elhullott, boncolása pedig nemcsak a hasi szervekben, hanem a tüdőkben is mutatott ki, savós-fibrines mellhártyagyulladás mellett, gümőkóros elváltozásokat. Ezenkívül bőr alá ojtott három tengerimalacban, melyek kizárólag zabot kaptak eleségül, a gümöbacillusok a bőralatti kötőszövetből a nedvám közvetítésével a májba is eljutottak és ott gümös gócot létesítettek.

Egy harmadik sorozatban nyolc állat közül csak kettő betegedett meg és ez is csak helybeli kóros elváltozásokkal, aminek nem pathogen saválló baktériumok is elő szoktak idézni hasonló adagban.

Ezekből a kísérleti eredményekből arra kellett következtetni, hogy a BCG, eltérően eredeti jellemzésétől, kivételesen nemcsak



helybeli, hanem a testben továbbterjeszkedő, progrediáló gümőkóros elváltozásokat is létesít.

A folytatólagos kísérletek egy másik vaccinatörzzsel történtek, melyet felkérésemre CALMETTE közvetlenül küldött meg az 1926. év nyarán BCG<sub>-10</sub> jelzéssel s melyet azóta háromhetenként glicerines burgonyára ojtottunk át és ezen a talajon tenyésztünk tovább, epés talaj közbeiktatása nélkül, a mai napig.

Az ezzel a törzzsel az 1926. év augusztus havában végzett első kísérlet kedvező eredményre vezetett, mert 10 mg tenyésztettel a hasüregbe, illetőleg a bőr alá ojtott és rendes eleségen tartott négy tengerimalac egészséges maradt s később a mesterséges fertőzésnek ellenállott; négy hasonló módon kezelt, de csak zabon tartott állatban pedig kizárólag az ojtás helyének környékére szorítkozó genyes-sajtos gyulladás keletkezett. Ezenkívül két tengerimalacról nem sikerült a továbboltás más tengerimalacokra.

Egészen másképpen alakult a következő, az 1927. év február havában végzett kísérlet eredménye. Ezúttal ugyanis 20 mg vaccinával, vagyis az első ízben alkalmazott adag kétszeresével, a hasüregbe ojtott 15 tengerimalac mind elhullott már három héten belül. A csak zabon tartott 9 állat közül kettő nem lett gümőkóros, a többiekben a boncolás a lép, a máj és a belfodri nyirokesomók, egyben azonfelül a hashártya gümőkórját derítette ki. A rendes eleségen tartott hat állat közül négy generalizált gümőkórban pusztult el, míg kettőben a kóros elváltozások csak a hasi szervekre szorítkoztak. Ezenfelül — s ez különösen fontos — sikerült két tengerimalacról a kóros folyamatot az elhullottak beteg szerveinek dörzsölékével 9, illetőleg 10 nemzedéken keresztül tovább átvinni tengerimalacról-tengerimalacra (tovább nem folytattuk). Minden esetben ki voltak mutatathatók saválló bacillusok a beteg szervekben, 13 esetben pedig ki is voltak tenyésztethetők glicerines burgonyán.

Ezek a kísérleti eredmények ellenkeztek CALMETTE eredeti megállapításaival és csak részben egyeztek más kutatóknak akkor-tájt és azóta tudomásra jutott tapasztalataival.

Általános nevezetesen ma már a megegyezés abban, hogy a BCG-vaccina igenis képes, mégpedig nemcsak a tengerimalac,

hanem a nyúl és a kecske testében is, valóságos gümőkóros elváltozásokat létesíteni, és több kutató tovább is tudta azokat ojtani új tengerimalacokra (GERLACH, KRAUS, CHIARI, SCHUURMANNS-STECKHOVEN, WATSON). A BCG tehát igenis «tuberculigène» és «réinoculable». A meglepő és új az volt a dologban, hogy a vaccina a mi kísérleteinkben az állatok túlnyomó részében súlyos és egy részökben éppenséggel generalizált gümőkórt idézett elő, még inkább pedig az, hogy a továbboltás nemcsak közvetlenül a vaccinás ojtás után elpusztult állatról, hanem folytatólag sorozatosan sok nemzedéken keresztül is sikerült. Szokatlan és minden eddigi tapasztalattal ellenkezett továbbá az, hogy a törzs e közben erősen pathogen hatásúnak mutatkozott. Erre utalt már az a körülmény, hogy a beojtott állatok aránylag rövid idő múlva pusztultak el, de bizonyították ezt a külön ebben az irányban végzett kísérletek eredményei is.

Az egyik sorozatban ugyanis a harmadik nemzedéknek megfelelő tiszta tenyészet négy tengerimalacban csak helybeli elváltozásokat idézett elő. Amidőn azonban ugyanebben a sorozatban a hatodik nemzedéket képviselő tiszta tenyészetből fokozatosan 30 mg-tól lefelé egészen 0.1 mg-ig csökkentett adagokat fecskendeztünk tengerimalacok hasüregébe, ezek az állatok nagyjából generalizált tuberkulózisban pusztultak el. Az utóbbi tenyészet tehát hasonlóan erős megbetegítő hatást fejtett ki, mint az emberi és a marhagümőkór eredeti, nem szelídített bacillusai. Hogy a vaccina törzse eredetileg nem volt ilyen virulens, az kitetszik abból, hogy egy korábbi és egy későbbi kísérleti sorozatban vagy egyáltalában nem betegítette meg a tengerimalacokat, vagy csak helybeli gümőkóros elváltozásokat idézett elő. A törzs tehát a sorozatos ojtások folyamán vált virulenssé, mégpedig csak a tengerimalacra, mert amidőn ugyanezt a törzset nyulak bőre alá (10 mg) vagy vérebe (1 mg) fecskendeztük, az állatok életben maradtak és félév múlva leöletvén, a boncolás csak egyben mutatott ki a tüdő kis részére szorítkozó, gyógyulófélben levő gümőkóros elváltozást, míg a többiek egészségeseknek bizonyultak.

Tekintettel ezeknek a kísérleti eredményeknek nagy elvi jelentőségére, gondosan mérlegeltük netaláni kísérleti hiba lehe-

tőségét, majd midőn ezt kizárhattuk, kerestük azok magyarázatát.

Mint kísérleti hibára gondolnunk kellett az elcserélésre virulens human vagy bovin eredetű, nem szelídített tenyészzettel, már csak azért is, mert CALMETTE különösen is figyelmeztetett erre a lehetőségre.

A kérdés tisztázása végett megismételtük a kísérletet egy törzsszel, melyet MANNINGER tanár a Párizsból kapott eredeti vaccinából tőlünk egészen függetlenül tenyésztett tovább másféleven keresztül glicerines burgonyán. Az eredmény az volt, hogy a tenyészzettel hasüregbe ojtott, zabon és forralt tejen tartott hat tengerimalacban csak helybeli elváltozások keletkeztek ugyan, az egyikről azonban a betegség szintén tovább volt ojtható sorozatosan a hetedik generációig (tovább nem folytattuk az átoltást).

Egy további kísérletben az azonos eredetű, de külön-külön tenyésztett két törzs,  $BCG_{10}$  és  $BCG_{10.M}$  egyaránt 20 mg mennyiségben sem betegítette meg a tengerimalacokat.

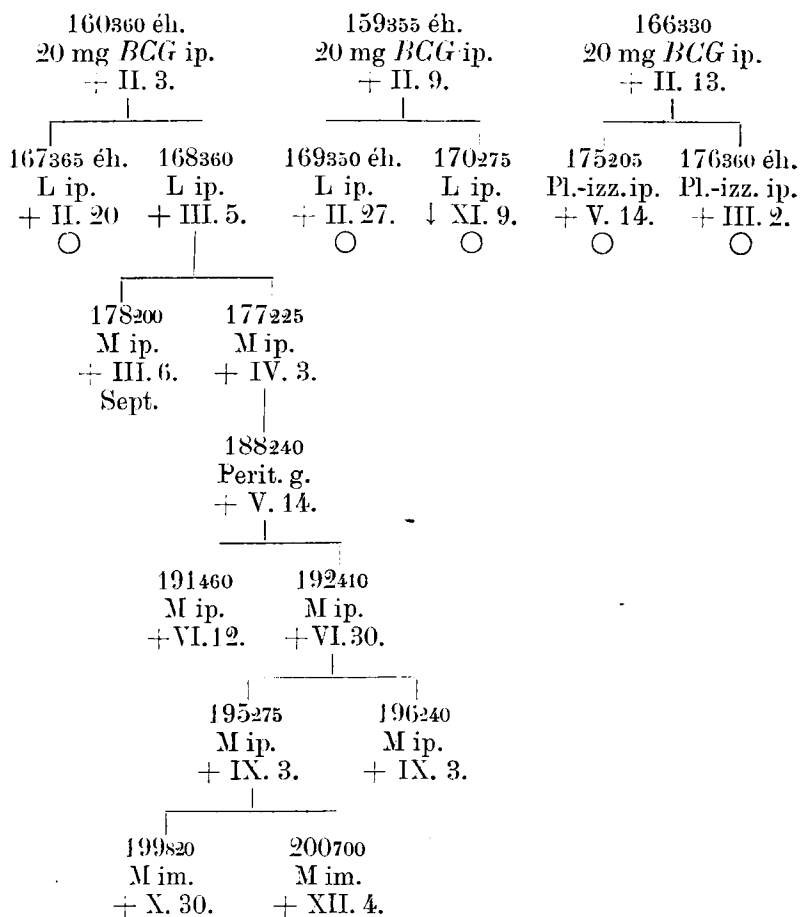
Az elcserélés eredeti bovin törzsszel egyébként már azért is ki volt zárható, mert a vaccinával és a passage-törzsekkel ojtott állatokból előállított tenyészetek a Sauton-féle talajon egészen másképpen nőttek és viszont úgy viselkedtek, mint az eredeti  $BCG$ -törzs, s mert ennek időközben folytatólagosan termelt tenyészetei a velük beojtott több mint száz borjú közül egyikben sem okoztak gümőkóros megbetegedést.

Viszont humánus törzsszel való elcserélés ellen szólt az, hogy az első két passage-kísérlet idejében, 1927 február havában, egyáltalában nem dolgoztunk human bacillustörzsszel, a későbbi összehasonlító tenyésztési kísérletek alkalmával pedig a passage-törzsek tenyészetei Sauton-talajon, a mellett, hogy meggyeztek az eredeti törzs tenyészeteivel, gyorsabb fejlődésükkel és durvább redőzőttségükben különböztek a MANNINGER tanár laboratóriumában fenntartott human-törzs tenyészeteitől.

Végül még az a tapasztalatunk is számbajöhet ebben az irányban, hogy a passage-törzsnek megbetegítő hatása főképpen egyrészt genyes folyamatok, másrészt szövetelhalások előidézésében nyilvánkozott meg, amint ezt LEDOUX és LEBARD a haltuberkulózis bacillusaival ojtott tengerimalacoknál tapasztalták.

## Passage (III).

1928. I. 18.



A 160. és a 168. sz. tmc.-ban lelet: cseplesztályogok és lépduzzanat; a 177. sz.-ban azonfelül gümők a hashártyán és mellhártyaizzadmány. Azontúl minden esetben általános gümőkór:

L = Lép; M = Máj; Perit. g. = Hashártyagümők; ip. = Hasüregbe fecskendezve; im. = Izomba fecskendezve; + = Elhullott; ↓ = Kiirtatott; éh. = Eleség csak zab; ○ = Hullalelet negatív.

A nagybetűs szám az állat száma, a kisbetűs az állat testsúlya grammokban.

Miután ily módon kizárhattuk a netaláni elcseszlésből eredő kísérleti hibát, és spontán tuberkulózist sem észleltünk sohasem állataink között, kétségtelennek kellett tekintenünk, hogy a *virulens* passage-törzsek az eredeti *BCG*-törzsnek közvetlen származékai, melyek azonban megőrizték a glicerines-epés burgonyán való hosszas tenyésztés folytán szerzett tenyésztésbeli tulajdonságaikat.

Ezek után kerestük az okát és magyarázatát annak, hogy a vaccina egyrészt némely kísérleteinkben az összes vagy majdnem az összes tengerimalacokat megölte, másrészt a passage-ojtások folyamán erősen virulenssé vált.

Úgy a vaccina-tenyészetnek, mint később az elhullott állatok kóros szerveiből készült tenyészeteknek erősen megbetegítő hatását részben az okozhatta, hogy a tenyészetek fiatalok, csak 16–18 naposak voltak s hogy fiatal állatokat aránylag nagy adagokkal ojtottunk be, amikor a nagy bacillustömegek mérgezőleg is hatottak, e mellett azonban az állatok különös egyéni érzékenysége is játszhatott ebben szerepet, éppúgy, mint olyankor, amikor másoknak kísérleteiben, valamint saját kísérleteink egy részében is, több állat közül csak egyesek, tehát nyilvánvalóan a különösen érzékenyek, betegedtek meg súlyosan. Ha már most figyelembe vesszük, hogy NOBEL és SOLÉ kísérleteiben már 5 mg vaccina beojtása után 26 tengerimalac közül 5, vagyis 20%, WATSON egyik kísérletében pedig 0.5, 1.0, illetőleg 5.0 mg beojtása után, 16 állat közül éppenséggel 9, vagyis 56.2 % pusztult el. akkor nagyon jól el lehet gondolni, hogy egyik-másik alkalommal az összes vagy majdnem az összes állatok különösen érzékenyek és ezért erősen szelidített baktériumtenyészet hatására is halálos betegséggel reagálnak.

Ebben a tekintetben különösen figyelmet érdemel az a körülmény, hogy a mi kísérleteink közül csak azokban hatott az ojtóanyag oly erősen, melyeket január és február hónapokban végeztünk, míg április, május és augusztus hónapokban az ojtás vagy semmiféle vagy csak helybeli kóros elváltozásokat idézett elő. Általánosan ismeretes dolog, hogy tengerimalacok tenyészeiben a téli és a kora tavaszi hónapokban gyakran jelentkeznek egészen váratlanul erősen pusztító járványok, s lehetséges, hogy ebben



az a körülmény játszik szerepet, hogy az említett évszakban az állatok kellő ellátása jóminőségű friss zöldséggel akadályokba ütközik. Tekintve azonban azt az ősrégi tapasztalatot, hogy az emberi tudóvész a tél vége felé és kora tavasszal sokszor súlyosbodik és halálra is vezet, ámbár itt az évszaktól függő étrendi nehézségek kevésbé jönnek számba, úgy látszik, hogy a szervezet ellenállóképességének csökkentésére más, eddig ismeretlen tényezőknek is van befolyásuk.

Ami már most a virulencia fokozódását illeti, úgy ennek lehetőségével attól a pillanattól kezdve kellett számolni, amint kiderült, hogy az eredeti vaccina állatokban továbbterjeszkedő gümőkóros elváltozásokat létesíteni, sőt azokat halálosan is megbetegíteni képes. Mert az ilyen hatás bizonyítja, hogy a baktériumtörzsnek a szelidítés ellenére még van bizonyosfokú virulenciája, és ennek, mondhatni, természetes folyománya, hogy ezt a virulenciát megtartja abban az állati testben is, melyet megbetegített, sőt inkább az a különös, hogy ez a virulencia legtöbbször nem érvényesül a folytatólagos átojtás alkalmával. De a bakteriológiában általánosan ismeretes az is, hogy a virulencia mindkét irányban módosulhat és hogy nevezetesen a természetes úton, vagy mesterségesen szelidített baktériumok ismét visszaszerezhetik eredeti virulenciájukat s ezt megfelelő terv alapján végzett kísérletekkel szándékosan is el lehet érni. Maga CALMETTE utal ebben a vonatkozásban egyik dolgozatában a lépene elleni PASTEUR-féle vaccinára, mint a mesterséges szelidítéssel előállított és az alacsony virulenciafokon állandósult vaccinának egyik főtípusára, mely pedig ismét visszanyeri eredeti nagyfokú virulenciáját, ha azt fiatal, majd idősebb egerek, azután fiatal, majd idős tengerimalacok s folytatólag nyulak, juhok, borjúk és szarvasmarhák testén keresztülvezetik. Saját BCG-vaccinájára nézve az ilyen átalakulást azért zárta ki, mert az ő kísérleteiben az sohasem betegített meg tengerimalacokat s mert szarvasmarha testében való egyévi tartózkodás után is ilyen avirulens maradt.

A szarvasmarha sejtjeinek és szöveteinek erélyes védekezése a beojtott gyöngye hatású baktériumokkal szemben nyilvánvalóan nem engedte meg azok elszaporodását, úgyhogy a legjobb eset-

ben, éppúgy mint a szarvasmarhára szintén nagyon kevésbé virulens human-bacillusok, részben a sejtekben, részben rajtok kívül, nyugalmi állapotban vesztegelnek teljes kiküszöböltetésükig.

Másképpen alakult a helyzet a mi kísérleteinkben. Itt ugyanis az igen nagy mennyiségben beoltott bacillusok erőszakosan le-törhették a fiatalok, részben nem kielégítő táplálkozásuk és talán a kedvezőtlen évszak miatt is a szokottnál is érzékenyebb tengerimalacok sejtjeinek és szöveteinek ellenállását s ezzel kedvezőbben alakultak továbbszaporodásukra a föltételek. E közben természetes kiválogatódás útján éppen az életerősebb egyedek jutottak túlsúlyra, szaporodásuk közben pedig ezek utódai mind jobban hozzáalkalmazkodtak az új viszonyokhoz. A szaporodási képesség az élő testben azonban egyik első és legfontosabb előfeltétele annak, hogy baktériumok kifejthessék pathogen hatásukat. Obligát soprophyták nem betegítenek, mert hamar elpusztulnak az élő testben, fakultatíve pathogen baktériumok ellenben érvényesítik a kórokozó hatásukat, amint a szervezet természetes ellenállása valamely okból csökken. Éppúgy lehetséges tehát, hogy mesterségesen szelídített baktériumok hasonló viszonyok között visszaszerzik eredeti pathogen tulajdonságukat, melyet a szelídítés lefojtott ugyan, mely azonban továbbra is ott szunnyad a plazmájukban. A *BCG*-vaccina bacillusairól ez annál inkább feltételezhető, mert a hosszas mesterséges tenyésztés s így a szokatlan talajhoz való alkalmazkodás folyamán annyiban módosult a sejtplazmájuk, hogy jórészt elvesztette az állati szövetekben való szaporodási képességét, ellenben továbbra is változatlanul megőrizte két másik fontos tulajdonságát, a tuberkulin termelését és az immunizáló antigen hatást. Hogy a bizonyos életfeltételekhez való alkalmazkodás minő fontos szerepet játszik ebben az irányban, az kitetszik abból is, hogy a tengerimalacokra virulensekké vált bacillusok egyáltalában nem vagy csak egészen enyhén betegítettek meg nyulakat.

\*

Ezekben röviden vázolt kísérleteink, miként már említettem, általában merőben eltérnek más kutatóknak tapasztalataitól,

mindazonáltal nem állnak egészen egyedül. Nemrég ugyanis, múlt év november havában, WATSON beszámolt azokról a kísérletekről, melyeket MC INTOSH és KONST munkatársaival a kanadai állami mezőgazdasági kutatólaboratóriumban közel négy év folyamán végzett s ezek több tekintetben a miénkhez hasonló eredményekre vezettek. Ők ugyanis 134 tengerimalac közül már 1—5 mg vaccina hasüregbe fecskendezése után azok 22%-ában láttak gümőkóros elváltozásokat, 9%-ban pedig éppenséggel generalizált tuberkulózist s utóbbi esetekben a kóros folyamatot könnyűszerrel át tudták vinni tengerimalacról tengerimalacra. Ezenfelül azt tapasztalták, hogy a vaccina virulenciája fokozódott a passage-ajtások folyamán annyira, hogy végül már következetesen okozott típusos halálos tuberkulózist.

Érdekes, hogy a kanadai szerzők is részben hasonló módon értelmezik kísérleteik pozitív eredményeit, mint mi, amennyiben úgy vélik, hogy január-április hónapokban a nem egészen kielégítő táplálkozás száraz szénával és szemes eleséggel csökkenti az állatok természetes ellenállását a tuberkulózissal szemben s hogy ez a csökkent ellenállás különösen gyöngén virulens tenyészetek beajtása után nyilvánul meg. Egyébként a kanadai szerzők azt a következtetést is vonják le a kísérleteikből, hogy a vaccinnal létesített, látszólag jóindulatú kóros folyamatok hosszabb idő, tizenegy és több hónap múlva típusos tuberkulózissá súlyosbodhatnak.

\*

Arra vonatkozólag, hogy a BCG-ajtás mennyiben védi meg az állatokat a későbbi fertőzés ellen, csak kevés kísérletet végeztünk s ezek eredményei egészben véve megerősítették CALMETTE és munkatársai megállapításait. Azt találtuk ugyanis, hogy 9 olyan tengerimalac közül, melyeket 10 mg vaccinával a hasüregbe vagy a bőr alá ojtottunk s azután 5—7 hónap múlva a bovin eredetű gümöbacillus tenyészetének minimális halálos vagy ezt megközelítő adagjával fertőztünk, nyolc egészséges maradt. Igaz ugyan, hogy hasonló módon, sőt nagyobb adagokkal is beoijtott néhány állat 5, illetőleg 0.5 mg bovin tenyészet szembe-cseppentése után elhullott általános tuberkulózisban, ez azonban túlságosan erős fertőzés volt, aminővel nem kell szá-



## Immunizálási kísérletek.

Tmc. drb	Védőoltás — BCG		Fertőzés -- Bov. tbc.			Eredmény		
	Adag mg	Mód	Hány hó mulva?	Adag mg	Mód	Elh. (+) v. leél. (-)	Hány hó mulva?	Lelet
1	10	ip.	5	$\frac{1}{10000}$	ip.	+	$3\frac{1}{2}$	Ált. tbc.
1	10	sc.	5	"	"	↓	4	Gyógyult
1	—	—	—	"	"	+	3	Ált. tbc.
2	10	ip.	5, 7	$\frac{1}{100000}$	icut.	↓	$3\frac{1}{2}, 4$	Egészséges
2	10	"	5, 7	"	ip.	↓	"	"
2	10	sc.	5, 7	"	icut.	↓	"	"
1	10	"	5	"	sc.	↓	4	"
1	—	—	—	"	ip.	↓	2	"
1	—	—	—	"	"	+	3	Ált. tbc.
1	—	—	—	"	icut.	↓	4	" "
2	10	ip.	6	5	conj.	+	4	Ált. tbc.
2	20	"	6	"	"	+	$3\frac{1}{2}$	" "
2	—	—	—	"	"	+	"	" "
2	30	ip.	4	0.6	conj.	+	5	Ált. tbc.
1	5	"	4	"	"	+	$6\frac{1}{2}$	" "

molni természetes viszonyok között, s ezért a kísérletek nem is szólnak semmiképpen a szóbanlévő védőoltás hatékonysága ellen. Viszont az előbb említett eredmények olyan kedvezők, aminőket eddig semmiféle más módszerrel nem sikerült elérni.

Borjukat eddig száznál többet ojtottunk be különböző gazdaságokban, ezekről a kísérletekről azonban egyelőre csak annyit mondhatunk, hogy az ojtás egy esetben sem ártott, míg az eredmények csak évek múlva fognak kibontakozni. A külföldi idevonatkozó kísérleteknek nem egyformák az eredményeik, amennyiben CALMETTE és munkatársai, továbbá ASCOLI, SCHROEDER és TSCHERNOWITZER kedvező eredményeivel a belga

kommisszió és a kanadai kísérletezők kedvezőtlen eredményei állnak szemben.

★

Vizsgálataink eredményei abban foglalhatók össze, hogy a CALMETTE-féle vaccina, mint a gümöbacillusnak nagyfokban szelídített tenyészete, rendszerint ártalmatlan a tengerimalacra, kivételesen azonban súlyos gümőkórban megbetegítheti és az így létesített gümőkór állatról-állatra továbbajtható; hogy továbbá a bacillustörzs sorozatos továbbajtasok útján, eredeti tenyésztésbeli tulajdonságainak megőrzése mellett, erősen virulenssé válhatik. Pathogen hatásának kifejtésénél nagy szerepet játszik az állatoknak eddig ismeretlen tényezőktől függő egyéni érzékenysége.

A vaccina beojtásával létesített enyhébb gümőkóros folyamat hajlamos a gyógyulásra és az ilyen módon gyógyult vagy az ojtás után meg sem betegedett tengerimalacok igen tetemes ellentállást tanúsítanak a bovin-eredetű gümöbacillussal való nem tiltságon erős mesterséges fertőzéssel szemben.

Ezekből a kísérleti eredményekből természetesen nem lehet messzemenő és határozott következtetést vonni az új védőojtási módszer gyakorlati értékére. Borjúkra nézve, melyek a sokkalta virulensebb human-gümöbacillussal szemben is feltűnően nagy ellenállást tanúsítanak, mindenesetre teljesen ártalmatlan; gyermekeknél pedig a most már több mint 150,000 ojtás alkalmával szintén nem észlelték eddig közvetlen ártalmas hatását. Ez különben már eleve sem valószínű azért, mert gyermekeket az ojtóanyagot a testsúlyhoz viszonyítva sokkal kisebb mennyiségével szokás kezelni, mint aminőket mi a tengerimalacoknál alkalmaztunk s azt is a szájon keresztül adják be, amikor egy része az emésztőcsövön át eltávozik a testből és legfeljebb kis része szívódik fel a nedvkeringésbe. WEIL-HALLÉ és TURPIN egyébként akkor sem észlelték ártalmas hatást, amidőn  $\frac{1}{4}$ —1 mg vaccinát pár hónapos gyermekeknek bőre alá fecskendeztek.

Kísérleteink arra a föltevésre sem szolgáltatnak kielégítő alapot, hogy a szelídített baktériumok a gyermek testében esetleg virulensekké válhatnak. A virulencia fokozódását szintén csak az állatok ellenállását erőszakosan letörő adagok beojtása után,

illetőleg azután észleltük, hogy az első ojtásra megbetegedett állatok testében már erősen megbetegítő hatást fejtettek ki. Mindazonáltal tapasztalataink óvatosságra intenek és arra figyelmeztetnek, hogy a beojtott gyermekeket ajánlatos kellően gondozni és távoltartani tőlük olyan ártalmakat, melyek természetes ellenálló képességüket tetemesen gyöngíthetnék.

Különben a csekély virulencia, amint ezt már mások is hangsúlyozták, inkább előnyére, mint ártalmára szolgálhat a vaccinának. Eddigi ismereteink alapján ugyanis általános az a felfogás, hogy csak olyan élőcsirák létesítenek immunitást, melyek a szervezetben specifikus reakciót kiváltani képesek. Ezért voltak sikertelenek az elölt csirákkal végzett immunizálási kísérletek s ezért eleve nem várhatni immunitást olyan élő csiráktól, melyek egyáltalában nem tudják a sejteket és szöveteket megtámadni. CALMETTE, amikor ojtóanyagának teljes avirulenciáját nyomatékosan hangsúlyozta, nyilvánvalóan nem tartotta szükségesnek a szervezet előzetes allergiás reakcióját az immunitás kifejlődésére, de csak további tanulmányok fogják eldönteni, mennyiben helytálló az ő nézete az általánosan vallott ellenkező felfogással szemben és további gyakorlati tapasztalatok fogják véglegesen eldönteni az új ojtási módszer gyakorlati értékét is. Bármiképpen alakuljon azonban a végleges eredmény, CALMETTE-nek mindenesetre nagy és elévülhetetlen az érdeme, hogy szellemesen átgondolt terv szerint évtizedeken keresztül bámulatos következetességgel folytatott kísérletes vizsgálódásaival új utakat jelölt meg úgy a tudományos kutatás, mint a klinikai tanulmányok számára és ezzel közelebb juttatta a tuberkulózis elleni nehéz küzdelem kérdését a várva-várt megoldás felé.

# DIE EXPERIMENTELLE GRUNDLAGE DER CALMETTE'SCHEN SCHUTZIMPFUNGEN GEGEN TUBERKULOSE.

Von F. v. HUTYRA, o. Mitglied der Akademie.

Nachdem jahrzentelange Bemühungen, eine praktische Methode der Schutzimpfung gegen die Tuberkulose ausfindig zu machen, keine zufriedenstellenden Erfolge ergaben, hat CALMETTE im Jahre 1921 ein Verfahren angegeben, das seitdem auch bei Kindern in ausgedehnter Weise angewendet wird. Als Impfstoff dient ein Tuberkelbazillenstamm bovinen Ursprungs, *BCG* benannt, der durch vieljährige Züchtung auf gallehaltigen Nährböden seine Virulenz völlig verloren, dagegen seine antigenen Eigenschaften beibehalten haben soll. In grossen Mengen eingeimpft, vermag er wohl lokale krankhafte Prozesse zu erzeugen, diese seien jedoch gutartig, heilen nach einiger Zeit aus und lassen sich nicht auf gesunde Tiere weiter übertragen. Damit behandelte Tiere erwerben eine Immunität gegen nachherige Ansteckungen, die, als sogen. Infektions-Immunität, solange anhält, bis die eingeimpften Bazillen aus den Körpergeweben ausgeschieden werden.

Gemeinsam mit FRANZ SCHÜTZ seit 1926 angestellte Versuche des Vortragenden zeigten, dass die intraperitoneale oder subkutane Verimpfung von 10—20 mg 16—18 Tage alter Glycerinkartoffelkulturen des Stammes *BCG* bei jungen Meerschweinchen wohl häufig unschädlich ist oder lediglich lokale und zur Heilung neigende, allerdings typische tuberkulöse Veränderungen hervorruft, unter Umständen aber auch schwere, progrediente und sogar tödliche Erkrankungen bewirkt. Ausserdem gelang es in mehreren Versuchsreihen den so erzeugten Prozess sowohl mit Organmaterial wie mit daraus gezüchteten Reinkulturen bis zur 7—11. Generation weiter zu übertragen. Die Prüfung der Virulenz der Kulturen späterer Generationen ergab, dass sie auch in der Menge von 0.1 mg eine heftige pathogene

Wirkung auf Meerschweinchen, nicht dagegen auf Kaninchen, entfalten, dass somit die ursprünglich schwache Virulenz des Vakzinestammes im Laufe der Passage-Impfungen sich sehr erheblich erhöht hat. Dabei behielten die Bazillen die kulturellen Eigenschaften der ursprünglichen Vakzinebazillen.

Diese Versuchsergebnisse stehen im Widerspruch sowohl mit den Angaben von CALMETTE und seinen Mitarbeitern, wie mit denjenigen der meisten Forscher, die sich mit der Frage beschäftigt haben. Sie werden dadurch erklärt, dass der Widerstand der jungen Tiere zunächst durch die toxische Wirkung der grossen Bazillennengen gewaltsam gebrochen und hierdurch die Bedingungen für die Fortpflanzung der lebensfähigeren Bazillen günstiger gestaltet wurden. Damit war die Möglichkeit einer Entfaltung ihrer wohl geschwächten, aber nicht ganz geschwundenen pathogenen Wirkung gegeben, die sie dann auch bei den fortlaufenden Übertragungen und in den Kulturen beibehielten. Dabei spielte auch die besondere Empfänglichkeit der Versuchstiere eine wichtige Rolle, worauf, abgesehen davon, dass einzelne Tiere auch der massigen Infektion standhielten, insbesondere der Umstand hinwies, dass die positiven Erfolge nur bei den in den Monaten Januar und Februar angestellten Versuchen erzielt wurden, wo die Versorgung der Tiere mit frischem Grünfutter auf Schwierigkeiten stösst und sie auch sonst gegen verschiedene Seuchen (Pneumonien, Septikämien) empfindlich sind.

Die mitgeteilten Versuchsergebnisse finden eine Stütze in den jüngst veröffentlichten ähnlichen Erfahrungen von Watson und seinen Mitarbeitern in Kanada.

Innusionierungsversuche bei einigen Meerschweinchen bestätigten die Angaben von CALMETTE, dass die Vorbehandlung mit seiner Vakzine Meerschweinchen gegen eine nicht allzuschwere künstliche Infektion mit bovinen Tuberkelbazillen einen, bisher sonst kaum beobachteten Schutz verleiht.

Die Versuchsergebnisse lassen sich darin zusammenfassen, dass die Calmette'sche Vakzine BCG, als eine stark abgeschwächte Modifikation der Tuberkelbazillus, sich gewöhnlich unschädlich für das Meerschweinchen erweist, ausnahmsweise aber eine töd-

liche generalisierte Tuberkulose bewirkt und der so erzeugte Prozess sich von Tier auf Tiere übertragen lässt; dass ferner der Vakzinestamm durch Passage-Impfungen virulent werden kann. Bei der Entfaltung seiner pathogenen Wirkung spielt die von bisher nicht genau bekannten Einflüssen abhängige individuelle Empfänglichkeit der Tiere eine wichtige Rolle.

Der durch die Vakzine meist bewirkte, mässige tuberkulöse Prozess neigt zur Ausheilung und derart genesene Meerschweinchen bekunden gegen nicht allzu heftige bovine Infektionen einen bedeutenden Widerstand.

Diese Versuchsergebnisse gestatten an sich keine Schlussfolgerung auf eine etwaige pathogene Wirkung der Vakzine bei Kindern, weil diese davon nur unverhältnissmässig geringere Mengen und auch diese per os erhalten und sie zum Teil durch den Darmkanal nach Aussen entleeren. Aus ähnlichem Grunde bieten die Versuche auch für die Voraussetzung einer etwaigen Virulenzsteigerung im Kinderkörper keine hinreichende Grundlage. Immerhin mahnen sie zur Vorsicht und lassen eine sorgsame Pflege der Impflinge sowie das Fernhalten von ihrer Widerstandsfähigkeit herabsetzenden schädlichen Einflüssen ratsam erscheinen.

Die konstatierte schwache Virulenz dürfte übrigens der Vakzine eher zum Vorteil als zum Nachteil gereichen, weil das Zustandekommen der Immunität sich von einer Reaktion des Organismus auf die, wenn auch schwache pathogene Wirkung des Impfstoffs eher erhoffen lässt als von völlig avirulenten Bakterien, die eine solche Reaktion auszulösen nicht imstande sind. Auf jeden Fall gebührt CALMETTE das hohe Verdienst, die Frage der Schutzimpfung gegen die Tuberkulose in neue Bahnen gelenkt zu haben.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 14. Januar 1929.)

## KLEBELSBERGIT, EGY ÚJ ÁSVÁNY FELSŐBÁNYÁRÓL.

(Előzetes közlemény.)

ZSIVNY VIKTOR-tól.

1925—26-ban Felsőbányán a Gyula-közbelnén e bányahelyről jól ismert asszociációban *baryt* oly *antimonit*-tal fordult elő, melyhez egy élénksárga ásvány kristálykái nőttek. FIZÉLY SÁNDOR nyugalmazott bányatanácsos úr, ki eme sárga ásványra figyelmessé lett, küldött nékem az új antimonit-előfordulásból, az említett ásvány meghatározása céljából. A rendelkezésemre bocsátott anyag, illetőleg az abból nyerhető vizsgálatra alkalmas tiszta anyag csekély mennyisége nem volt elegendő. Időközben más úton nagyobb mennyiségű anyag birtokába jutott a Magyar Nemzeti Múzeum ásvány-öslénytára s így lehetségessé vált az ásvány meghatározása.

Minthogy vizsgálatom eredményei azt mutatják, hogy új ásvánnyal van dolgunk, azokat a prioritás biztosítása céljából előzetes közleményként már most teszem közzé, ámbár az ásvány quantitativ elemzését még nem végezhettem el.

Ásványunk kristálykái a száras antimonithalmazok belsejében, olykor egy fehér ásvánnyal összenöve, az antimoniton ülnek. Igen apró, többé-kevésbbé lapos tüket, vagy egyirányban nyúlt táblácskákat képeznek, melyek hossza 0.5 mm-t is elér s szélessége 0.006 mm-től kezdve figyelhető meg. A kristálykák hosszónájukban egy véglap  $\{010\}$  és egy prizma  $\{110\}$  kombinációjából állanak. Végükön a bázis, egy vagy két dómalap: (101),  $(\bar{1}01)$ , vagy ezek kombinációja lép fel. A bázis csaknem egyenesen vágja le a tűk végét, az említett dómalapok igen kevésbé különböző szöggel hajlanak a főtengelyhez. Az 1.—4. és a 7. ábra a (010) lapra projiciálva mutatja a kristályokat, úgy, amint azok

a mikroszkóp alatt nézve megjelennek. Az 5. és 6. ábra perspektivikusan is észlelt kristályok képét adja.<sup>1</sup> A prizma mellső, illetőleg hátsó éle és a (001), (101), ( $\bar{1}01$ ) lapoknak a (010)-n egyenesvonalú merőleges projekciója között a mikroszkóppal mért normálszögértékek, illetőleg az (101):( $\bar{1}01$ ) érték a következők:

$$\left. \begin{array}{l} (001):(110) | (\bar{1}\bar{1}0) \text{ él} = 88^{\circ}2' \\ (001):(\bar{1}10) | (\bar{1}\bar{1}0) \text{ „} = 91^{\circ}8' \end{array} \right\} \text{(4 kristályon végzett 24 mérésből)}$$

$$\left. \begin{array}{l} (101):(110) | (\bar{1}\bar{1}0) \text{ „} = 60^{\circ}7' \\ (\bar{1}01):(\bar{1}10) | (\bar{1}\bar{1}0) \text{ „} = 62^{\circ}3' \end{array} \right\} \begin{array}{ccccccc} (8 & & & & & & 48 & & & ) \end{array}$$

$$(101):(\bar{1}01) = 57^{\circ}0' \text{ (az előbbi két adatból számítva).}$$

Két kristályon egy (*Ukl*) dóma-lapot, egyen pedig egy piramis-lapot észlelhettem. A kristályok gyakran hosszirányukkal párhuzamos rovátkoltságot mutatnak; úgy látszik, hogy a prizma és a (010) véglap lapjainak megismétlődése következtében. A lapismétlődés gyakran lépcsős szerkezetet eredményez.

A kristályok általában legyező-, kéve-, buzogányszerű csoportokat képeznek, vagy szál-as-rostos halmazokká aggregálódtak, melyek selyemfényűek.

Az ásvány rideg.

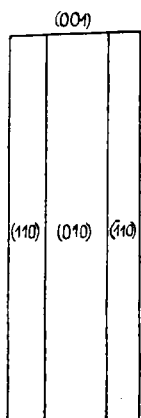
Ráeső fényben a kristálykák világosabb-sötétebb kénsárga színűek, halmazaik világos narancssárga színt is mutatnak. Áteső fényben a mikroszkóp alatt vastagságuk szerint csaknem teljesen színtelenek vagy többé-kevésbé mély sárgaszínűek s általában halványabbak, mint ráeső fényben. Határozott pleochroizmus nem észlelhető rajtuk.

A kioltás a (010) lapon kevéssé, de határozottan ferde és pedig a kisebbik bázis-prizmaél normálszög felé esik. 18 kristálykán végzett 100 mérés alapján középértékben  $1^{\circ}8'$ .

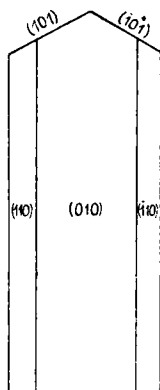
A (010) lapon egyenesen lép ki egy negatív bissektrix. Az optikai orientációt a 7. ábra mutatja.

<sup>1</sup> Eme utóbbi ábrák nem szerkesztettek, csupán vázlatosak.

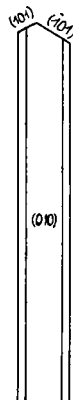




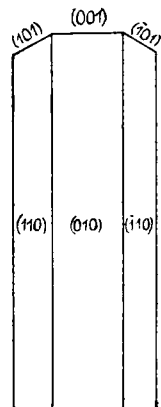
1. ábra.



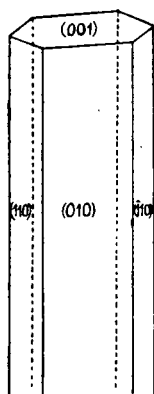
2. ábra.



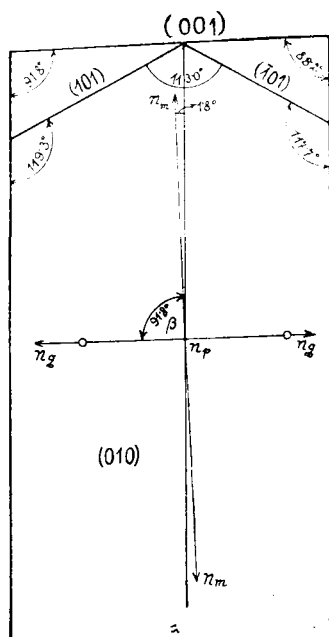
3. ábra.



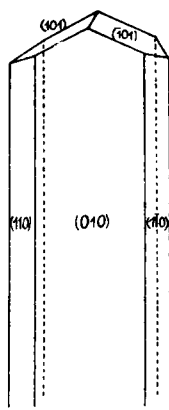
4. ábra.



5. ábra.



7. ábra.



6. ábra.

E szerint a (010) lapon fekvő kristályok elongációja negatív karakterű.

Az optikai tengelysík úgy vörös, mint kék fényben  $\perp$  (010)-ra, fehérfényben vizsgálva  $\parallel$  (001)-gyel.  $\rho < v$ .

Fénytörése erős, nagyobb 1.740 (Methylenjodid)-nél.

A közölt adatokból következik, hogy az ásvány szimmetriája, ámbár a rhomboshoz igen közel áll, annál mégis alacsonyabb és pedig nagy valószínűséggel monoklin. Ez utóbbi esetben az optikai orientáció a következő:

$$\begin{aligned} n_p &= b \\ n_m : c &= 1.8^\circ \\ n_g &= a. \end{aligned}$$

Kémiai viselkedése a következő: Zárt üvegcsőben hevítve, előbb vöröses narancssárga, vörösbarna színűvé, majd csaknem fehérre változik s végül felforrás közben megolvad. E közben kevés vizet veszít, melyben  $SO_4$  mutatható ki. Az olvadék színe a kihülés után sárga és hideg conc.  $HCl$ -ben nehezen oldódik.

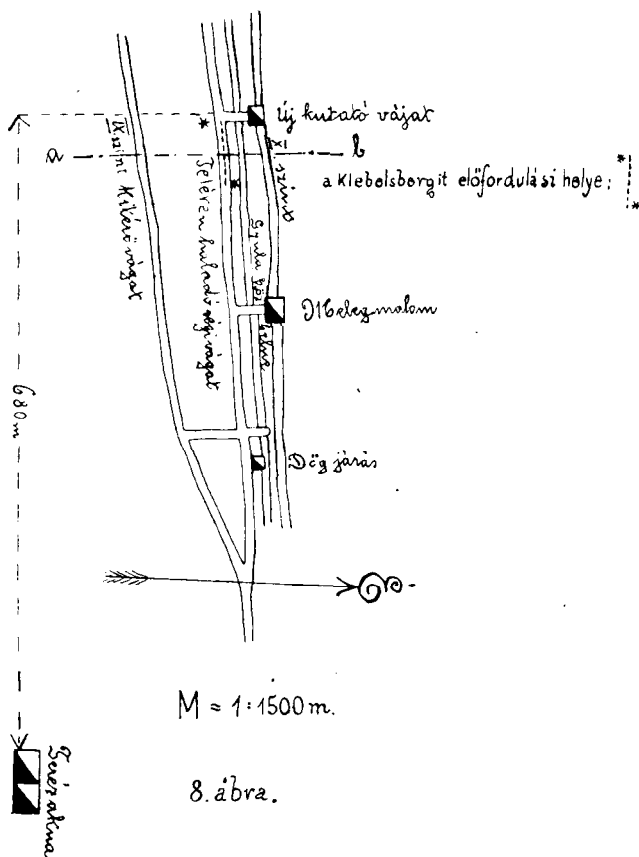
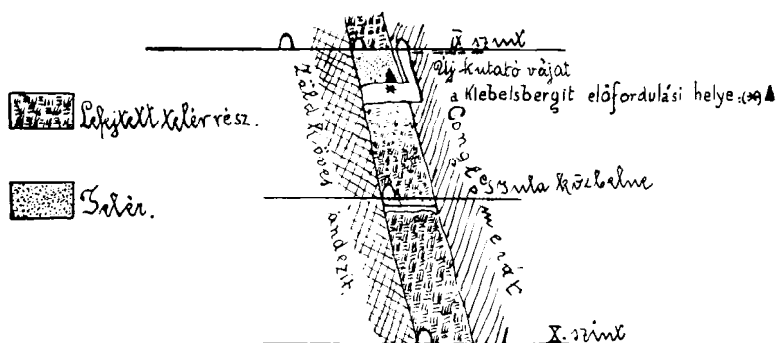
Az ásvány conc.  $HCl$ -ben sárga színnel igen csekély mennyiségű maradékkal nehezen oldódik, mely részben  $SiO_2$ -ből áll.

A mikroszkóp alatt legnagyobb gonddal kiválasztott tiszta anyaggal, a kizárólag kvarceszközökkel és platinatégelyből desztillált kémszerekkel mikrokémiai módszerekkel végzett kvalitatív analízis szerint a következő alkotórészeket tartalmazza: sok  $Sb$ , kevesebb  $SO_4$ , kevés  $H_2O$ ,  $Fe$ ,  $Mg$ ,  $Na$ ,  $K$ , igen kevés  $Bi$  és nyomokban  $P_2O_5$ . Amennyire a kvalitatív elemzésből megítélni lehet, az első három főalkotórész látszik lenni. Minthogy továbbá a  $SO_4$  és méginkább a  $H_2O$  mennyisége az  $Sb$ -éhoz képest jóval kisebbnek látszó, az ásványt lényegében *kevés vizet tartalmazó bázikus antimonszulfát*-nak és így egy új fajnak kell tekinteni.<sup>1</sup>

Emez érdekes ásványt dr. KLEBELSBERG KUNO vallás- és közoktatásügyi miniszter úr ő excellenciája, a természettudományok

<sup>1</sup> Mesterségesen több bázikus antimonszulfátot állítottak már elő. GMELIN—KRAUT Handb. d. anorg. Chemie, 7. kiadás (FRIEDHEIM) III. 2. 724—725 [1908].

A. G. Melzer.



lelkes pártfogójának tiszteletére *Klebelsbergit*-nek óhajtom elnevezni.

Előfordulására vonatkozólag a következőket jegyezhetem meg. A 8. ábrában feltüntetett metszet és helyszínrajz, melyet FIZÉLY úr volt szíves megküldeni, a Gyula-közbélne 1925. évi állapotát mutatja, amidőn a Klebelsbergitet először megfigyelhette. Szerinte még az 1926. évben is előfordult, 1927-ben *baryt* és *anti-monit* már nem volt található s így eme ásvány sem.

Köszönetemet fejezem ki FIZÉLY SÁNDOR bányatanácsos úrnak, ki az ásványra figyelmessé tett, abból először küldött s előfordulási helyét pontosan megadta, továbbá dr. ZIMÁNYI KÁROLY múzeumi igazgató úrnak, ki a vizsgálati anyagot rendelkezésemre bocsátotta.

A vizsgálathoz szükséges műszerek és eszközök a *Természettudományi Alap*-ból szereztettek be. .

Készült a M. N. Múzeum ásvány-öslénytárában. Budapest, 1929 február 23.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929 április 22.-én tartott üléséből.)

# KLEBELSBERGIT, EIN NEUES MINERAL VON FELSÖBÁNYA.

(Vorläufige Mitteilung.)<sup>1</sup>

Von VIKTOR ZSIVNY.

Am Antimonit in der bekannten Paragenese mit Baryt von Felsöbánya kam neuerdings ein gelbes Mineral vor, auf welches Herr Bergrat i. R. ALEXANDER FIZÉLY aufmerksam wurde, der mir davon zuerst Material zur Untersuchung zukommen liess.

Es findet sich im Inneren der stengeligen Antimonit-aggregate und bildet augenscheinlich monokline, winzige, spröde Kryställchen (bis zur Länge von 0·5 mm und von 0·006 mm Breite an) mit einem Prisma, zwei Querhemidomen und der Basis. Ausnahmsweise wurde zweimal die Fläche einer Längsdome und ein einzigesmal eine Pyramidenfläche beobachtet. Sie sind oft nach ihrer Längsrichtung gerieft. Sie erscheinen als mehr oder weniger plattgedrückte Nadelchen, oder in einer Richtung gestreckte Täfelchen, die im allgemeinen fächer-, garben-, keulartige Gruppen oder faserige Aggregate von seidennem Glanz bilden. Bezüglich der unter dem Mikroskope gemessenen Normal-Winkelwerte sei auf das ungarische Original verwiesen, dessen 1.—6. Figur die hauptsächlichsten Erscheinungsformen darstellt.

Ihre Farbe ist in auffallendem Lichte ein lichtiges bis dunkles schwefelgelb; die Farbe der Aggregate kann sogar ein lichtiges orangegelb erreichen. In durchfallendem Lichte unter dem Mikroskope erscheinen sie je nach ihrer Dicke beinahe farblos, mehr oder weniger tiefgelb; im allgemeinen lichter als in auffallendem Lichte. Ausgesprochener Pleochroismus ist nicht wahrnehmbar.

---

<sup>1</sup> Auszug aus dem ungarischen Original.

Die Auslöschung ist an der (010) Fläche ein wenig, aber doch ausdrücklich schief, und zwar von  $1.8^\circ$  gegen dem kleineren Basis/Prismenkante Normalenwinkel (Mittelwert von 100 Messungen an 18 Krystallen). An der ebengenannten Fläche tritt eine negative Bissektrix gerade aus. Die optische Orientierung ist folgende (7. Fig. des ung. Textes):

$$\begin{aligned} n_p &= b \\ n_m : c &= 1.8^\circ \\ n_g &= a \end{aligned}$$

Die Elongation der auf der (010) Fläche liegenden Krystalle ist also von negativem Charakter. Die optische Axenebene ist ebenso für rotes, als für blaues Licht  $\perp$  (010) und liegt in weissem Lichte beobachtet zu (001). Die Lichtbrechung ist grösser als 1.740 (Methylenjodid). Im geschlossenen Röhrchen erhitzt wird es rötlich orangegelb, rötlichbraun, dann beinahe weiss und schmilzt endlich. Dabei verliert es geringe Mengen von Wasser mit  $SO_4$ -Reaction. Löst sich langsam in kalter concentrirter Salzsäure zu einer gelblichen Flüssigkeit mit geringem unlöslichen Teil, der theils aus  $SiO_2$  besteht. Es enthält nach einer, an unter dem Mikroskope mit grösster Sorgfalt ausgesuchtem Materiale, mit Quarzgeräten und aus einem Platintiegel destillirten Reagenzien ausgeführten Mikroanalyse hauptsächlich *Sb*, weniger  $SO_4$ , wenig  $H_2O$ , *Fe*, *Mg*, *Na*, *K*, sehr geringe Mengen von *Bi* und endlich Spuren von  $P_2O_5$  und scheint somit ein *wenig Wasser enthaltendes basisches Antimonsulfat* zu sein. Die ausführliche Beschreibung, namentlich die quantitative Analyse soll in einiger Zeit gegeben werden.

Das Mineral will ich zu Ehren Sr. Excellenz des Herrn k. ung. Ministers für Kultus und Unterrichtswesen Grafen Dr. Kuno KLEBELSBERG, einen regen Förderer naturwissenschaftlicher Forschungsarbeit *Klebelbergit* nennen.

Budapest, den 23. Februar 1929. Magyar Nemzeti Múzeum.

---

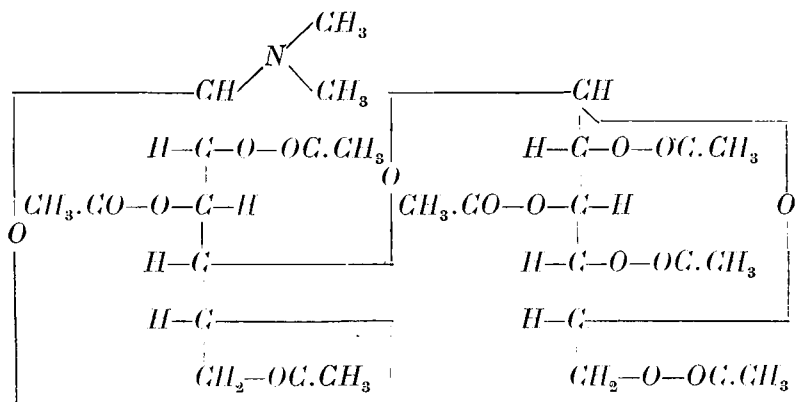
(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 22. April 1929.)

## TRIMETILAMIN ÉS MÁS BÁZISOK HATÁSA ACETOBROMCELLOBIÓZRA.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

Egy korábbi közleményemben leírtam a trimetilamin hatását acetobromcellobióz-, illetőleg acetobrommaltózra. Ezen munkám közben — H. OHLE úr levélbeli utalása alapján — felmerült az a gondolat, hogy a reakció itt metilbromid lehasadás közben mehet. Erre példa a dimetilanilin és acetobromglükóz közt lejátszódó, általa észlelt, de még nem közölt reakció, amelynél a reakciókeverékből trimetil-fenil-ammóniumbromid különíthető el. Ezt a kérdést akartám tisztázni. Először is megállapítottam, hogy a régebben előállított termékeimnél lúgos elbontás és a keletkezett bázis ledesztillálásánál nem trimetilamin, hanem dimetilamin távozik. Másodszor azt figyeltem meg, hogy a behatás, valamint a végtermék kinyerése sokkal kedvezőbb kitermeléssel megy, ha szobahőmérsékleten és alkoholos helyett kloroformos oldatban dolgozom. Melléktermékként tetrametilammoniumbromid különíthető el. Végül tisztáztam, hogy a dimetilamin és acetobromcellobióz ugyanazon bázist adja, mint a trimetilamin és acetobromcellobióz, az anyalúgokból pedig dimetilaminbrómhidrát különíthető el.

Ezek a kísérletek azt bizonyítják, hogy a trimetilamin acetobromcellobiózra való behatásánál a reakció valóban metilbromid lehasadása közben megy végbe. A keletkezett termék dimetilamin származék, szerkezete szerint heptaacetyl-cellobiozido-dimetilamin:



Magától értetődik, hogy az egy metilcsoport által okozott különbség a nagy molekulásúlyú vegyület elemzésénél nem vehető észre. Az a körülmény, hogy a termék csak egy atom brómot vesz fel, igen feltűnő és az igen nagy és oxygéndús cellobiózgyök hatásával magyarázható meg.

E vizsgálatokkal egyidejűleg megvizsgáltam a trietilamin, dietilamin és piperidin hatását acetobrómcellobiózra, kloroformos oldatban és közönséges hőmérsékleten. A trietilamin-reakciókeverékből csak kissé szennyezett heptaacetilcellobiózt tudtam elkülöníteni. Az anyalúgokban is csak trietilamin volt, dietilamin nem. A reakció ebben az esetben alkilbromid lehasadása nélkül ment végbe. A dietilamin és acetobrómcellobióz egymásrahatásánál kristályos anyag keletkezik. Ez nitrogénmentes, kloroformos oldatban pedig két atom brómot vesz fel. A termék hasonló ahhoz a vegyülethez, melyet K. MAURER és H. MAHN<sup>1</sup> ugyanilyen úton, acetobrómglikózból állítottak elő. A terméknek a *heptaacetilcellobiozén* nevet lehet adni. A piperidin acetobrómcellobiózra való hatásának eredménye egy piperidinszármazék, a heptaacetil-cellobiozido-piperidin. Ez kloroformos oldatból látványosan két atom brómot vesz fel. A reakciókeverék feldolgozásánál nyert kristályos végtermékben azonban csak egy atom bróm

<sup>1</sup> K. MAURER és H. MAHN: Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft 60. 1316. (1917).



van. Ez azt bizonyítja, hogy a bróm egy hidrogénatómot helyettesített. A keletkezett hidrogénbromid egyébként a brómtartalmú termék präparatív előállításánál is kimutatható.

#### KÍSÉRLETI RÉSZ.

##### Korábbi előállítású heptaacetilcellobiozidodimetilamin megbontása alkáliákkal.

8 gr bázist, melyet a KARRER-féle celláacetát-előállításmód szerint nyertünk, alkoholban oldva és alkáliával elszappanosítva Kjeldahl-készülékből desztillálunk le. A szedőben megfelelő mennyiségű hígított brómhidrogén van. A desztillátumot csökkentett nyomáson szárazra pároljuk és a maradékot 5 cm<sup>3</sup> forró alkoholban oldjuk. Lehűlésnél 0.6 gr kristály válik ki. Az anyalúghoz abszolút étert adva, még 0.4 gr kristály nyerhető. Mindkét részlet dimetilaminbrómhidrát. Olvadáspontjuk 133°. Az irodalomban megadott olvadáspont 133.5°. <sup>1</sup>

*Halogén :*

0.1984 gr : 15.7 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $AgNO_3$  = 63.25% Br.

Dimetilaminbrómhidrát (= 126.99) számított érték = 63.44% Br.

##### A heptaacetilcellobiozidodimetilamin új előállításmódja.

10 gr acetobromcellobiózt 30–40 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva, 2.6 gr trimetilamint adunk hozzá és 10 napig hagyjuk szobahőmérsékleten. A lassan barnuló oldatból szintelen kristályok válnak ki. Leszívatta kloroformmal mossuk és szárítjuk. Termelés 1 gr. Abszolút alkoholból kristályosítjuk át. Megvizsgálva, tetrametilammoniumbromidnak bizonyult.

*Halogén :*

0.1950 gr : 12.595 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $AgNO_3$  = 51.62% Br.

Tetrametilammoniumbromidra  $[(CH_3)_4NBr = 153.03]$  számított érték = 51.88% Br.

<sup>1</sup> WAGNER: Zeitschrift für Krystallographie 43, 158. (1907).

A kloroformos oldatot vízzel savmentesre mossuk, klórkalciummal szárítjuk és csökkentett nyomáson bepároljuk. A maradékot forró alkoholból ismételtén átkristályosítva, 3—4 gr anyagot kapunk. 198—199°-on olvad, bomlás közben.

*Forgatóképessége* kloroformban :

$$[\alpha]_D^{25} = - \frac{1 \cdot 23^\circ \times 20 \cdot 0228}{0 \cdot 7992 \times 1 \cdot 4682} = -10 \cdot 51^\circ.$$

*Brómfelvétel:*

0·5 gr 5 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva 2 óra alatt 0·063 gr brómot fogyaszt. 1 atóm brómra számított mennyiség 0·060 gr.

*Nitrogén:*

$$11 \cdot 291 \text{ mg} : 0 \cdot 200 \text{ cm}^3 \text{ N}, 760 \text{ mm}, 22^\circ = 2 \cdot 05\% \text{ N}.$$

Heptaacetilcellobiozidodimetilaminra ( $C_{28}H_{41}O_{17}N = 663 \cdot 34$ ), számított érték = 2·11% N.

4 gr terméket alkoholos nátronlúggal elszappanosítva, a keletkezett amint híg vizes brómhidrogénbe desztilláljuk. A desztillátumot csökkentett nyomáson szárazra párolva, a maradékot alkohollal vízmentesítjük, majd 8 cm<sup>3</sup> abszolút alkoholból kristályosítjuk át, pár cm<sup>3</sup> étert adva hozzá. Kétszeri átkristályosítás után 0·6 gr dimetilaminbrómhidrátot kaptam, olvadáspontja 134°.

*Halogén:*

$$0 \cdot 2010 \text{ gr} : 16 \cdot 04 \text{ cm}^3 \text{ n/10 AgNO}_3 = 63 \cdot 77\% \text{ Br}.$$

Dimetilaminbrómhidrátra számított érték = 63·44% Br.

Acetobrómcellobióz és dimetilamin.

Heptaacetilcellobiozidodimetilamin képződése.

30 gr acetobrómcellobiózt 90 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva, 6 gr dimetilamint adunk hozzá és 48 órahosszat tartjuk szobahőmérsékleten. A kloroformos részt vízzel halogénmentesre mossuk, klórkalciummal szárítjuk és csökkentett nyomáson bepárolva, a maradékot 75 cm<sup>3</sup> alkoholban oldjuk és csontszénnel megderítve átkristályosítjuk. A lehülésnél kiváló kristályokat 50 cm<sup>3</sup>

alkoholból még egyszer átkristályosítjuk. 5—7 gr válik ki, olvadáspont  $203^{\circ}$ . Oldja alkohol, metilalkohol, aceton, kloroform; éter nehezebben; víz nem oldja.

*Nitrogén:*

12·348 mg : 0·225 cm<sup>3</sup> N,  $22^{\circ}$ , 760 mm = 2·11 % N.

Heptaacetylcellobiozidodimetilaminra, ( $C_{28}H_{41}O_{17}N = 663\cdot34$ ), számított érték = 2·11 % N.

*Forgatóképessége* kloroformban:

$$[\alpha]_D^{26^{\circ}} = \frac{0\cdot88^{\circ} \times 9\cdot8665}{0\cdot5630 \times 1\cdot4732} = 10\cdot47^{\circ}.$$

*Brómfelvétel:*

0·5 gr kloroformban oldva 6 cm<sup>3</sup> brómtartalmú kloroformmal áll. Brómfelvétel 0·061 gr, az 1 atóm brómra számított 0·060 gr helyett.

Fenti kloroformos oldat kimosásánál kapott brómtartalmú vizes anyalúgokat csökkentett nyomáson bepárolva, a maradékot abszolút alkohollal vízmentesítjük. A maradékot 20 cm<sup>3</sup> absz. alkoholban oldva 5 cm<sup>3</sup> étert adva hozzá átkristályosítjuk. Kétszeri átkristályosítás után 3·5 gr anyagot kapunk, olvadáspont  $130^{\circ}$ . A termék dimetilaminbrómhidrát.

*Halogén:*

0·2040 gr : 16·19 cm<sup>3</sup>  $n/10$  AgNO<sub>3</sub> = 63·43 % Br.

Dimetilaminbrómhidráttra [ $(CH_3)_2NH \cdot Br = 125\cdot99$ ], számított érték = 63·44 % Br.

5 gr. fenti módon kapott heptaacetylcellobiozidodimetilamin alkoholos lúgos desztillálásánál 0·7 gr  $134^{\circ}$ -on olvadó dimetilaminbrómhidrátot ad. Brómtartalma:

0·2062 gr : 16·34 cm<sup>3</sup>  $n/10$  AgNO<sub>3</sub> = 63·33 % Br.

Számított érték = 63·44 % Br.

Acetobromcellobióz és trietilamin.

Heptaacetylcellobióz képződése.

30 gr acetobromcellobiózt 90—100 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva, 13 gr trietilamint adunk hozzá és 8 napig tartjuk szobahőmér-

sékleten. A bróm ezalatt teljesen lehasad. A kloroformos oldatot vízzel savmentesre mossuk, klórkalciummal megszáritjuk és karboventtel megderítve csökkentett nyomáson bepároljuk. A mosó vizeket csökkentett nyomáson bepárolva, a maradékot abszolút alkohollal vízmentesítjük, majd kétszer egymás után abszolút alkoholt kristályosítjuk át. Olvadáspont  $242-243^{\circ}$ . (GARZINO  $248^{\circ}$ .)<sup>1</sup>

*Halogén:*

$$0.2052 \text{ gg} : 11.3 \text{ cm}^3 \text{ n}^{10} \text{ AgNO}_3 = 44.01\% \text{ Br.}$$

Trietilaminbrómhidráttra számított érték =  $43.9\% \text{ Br.}$

A kloroformos oldatot csökkentett nyomáson bepárolva a maradékot vizes alkoholban oldjuk fel. Hosszabb állás után igen szennyezett heptaacetylcellobióz kristályosodik ki. Vizes alkoholból való többszöri átkristályosítás után még mindig tartalmaz világos sárgásszürke színű szennyezést. Tisztán nem nyerhető ki.  $172-174^{\circ}$ -on olvad ( $190-195^{\circ}$  helyett).

*Redukálóképessége* a glükóznak  $35.84\%$ -a. Tiszta heptaacetylcellobióz  $35.74\%$ -ot redukál. A termék nitrogén- és halogénmentes.

Dietilamin és acetobrómcyllobióz.

Hexaacetylcellobiozén képződése.

10 gr acetobrómcyllobiózt  $30-40 \text{ cm}^3$  kloroformban oldva,  $3.2 \text{ gr}$  dietilamint adunk hozzá és 48 órahosszat tartjuk szobahőmérsékleten. A kloroformos oldatot vízzel halogénmentesre mosva, megszáritjuk és csökkentett nyomáson szárazra párolva a maradékot  $20 \text{ cm}^3$  alkohol +  $40 \text{ cm}^3$  vízzel háromszor egymás után átkristályosítjuk.  $2.5-3 \text{ gr}$  anyagot kapunk.

*Forgatóképessége* kloroformban:

$$[\alpha]_D^{27} = - \frac{1.56^{\circ} \times 9.4360}{0.5066 \times 1.4693} = -19.78^{\circ}.$$

<sup>1</sup> GARZINO: Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie 1889. 1327; Beilstein IV. 101.

Az anyag nitrogén-, és halogénmentes. 125—126° között olvad. Jól oldja alkohol, metilalkohol, kloroform, aceton, benzol és éter; nehezen oldja víz.

*Brómfelvétel:*

0.5 gr anyag titrált brómtartalmú kloroformos oldatban egy óra alatt 0.1289 gr brómot vesz fel, ebből 0.1204 gr-ot már 30 perc alatt. A hexaacetilcellobiozénre ( $C_{24}H_{32}O_{15}$ ) számított brómmennyiség 0.1427 gr.

Az acetiltermék elszappanosítására irányuló, kloroformos oldatban nátriummetiláttal végrehajtott kísérletek során nem sikerült kristályos termékhez jutnom.

A hexaacetilcellobiozén előállítására használt kloroformos oldatban nátriummetiláttal végrehajtott kísérletek során nem sikerült kristályos terméket elkülöníteni.

A hexaacetilcellobiozén előállítására használt kloroformos oldat vizes kivonatait csökkentett nyomáson bepárolva a maradékot vízmentesítjük, majd kétszer abszolút alkoholból kristályosítjuk át. 1.4 gr 208°-on olvadó anyagot kapunk. Irodalomban megadott olvadáspont 213.5°.<sup>1</sup>

*Halogén:*

0.2032 gr : 13.23 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $AgNO_3$  = 52.23% Br.

Dietilaminbrómhidrátra számított érték = 51.90% Br.

Acetobromcellobióz és piperidin.

Heptaacetilcellobiozido-piperidin képződése.

5 gr acetobromcellobiozt 20 cm<sup>3</sup> kloroformban oldunk és 2 cm<sup>3</sup> piperidinnel 48 óra hosszat tartjuk szobahőmérsékleten. A kloroformos oldatot vízzel halogénmentesre mossuk, megszáritjuk és csökkentett nyomáson bepároljuk. A maradékot először 5 cm<sup>3</sup> kloroform + 80 cm<sup>3</sup> alkoholból, másodszor 4 cm<sup>3</sup> kloroform + 50 cm<sup>3</sup> alkoholból kristályosítjuk át. 1.5 2 gr-ot kapunk.

<sup>1</sup> WAGNER: Zeitschrift für Krystallographie 43. 164. (1907).

*Nitrogén:* Mikrokjeldahl.

13·846 mg : 1·71 cm<sup>3</sup> *n*/10 HCl = 1·73% N.

Heptaacetylcellobiozidopiperidinre (C<sub>31</sub>H<sub>48</sub>O<sub>17</sub>N = 703·37) számított érték = 1·99% N.

*Forgatóképessége* kloroformban:

$$[\alpha]_D^{18^\circ} = - \frac{1 \cdot 42^\circ \times 9 \cdot 6298}{1 \cdot 4860 \times 0 \cdot 6022} = -15 \cdot 28^\circ.$$

*Brómfelvétel:*

0·5 gr anyagot 5 cm<sup>3</sup> kloroformban oldunk és 2 cm<sup>3</sup> frissen készített és titrált brómtartalmú kloroformos oldatot adunk hozzá. Egy óra múlva a felesleges brómot káliumjodid jelenlétében *n*/10 tioszulfátoldattal titráljuk vissza.

2 cm<sup>3</sup> brómdadat = 22·64 cm<sup>3</sup> *n*/10 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ebből elfogy 12·42 cm<sup>3</sup>-nek megfelelő 0·0993 gr bróm.

Egy ugyanilyen kísérletben három óra alatt 0·1001 gr bróm fogy. A 2 atóm bróm felvételére számított érték 0·1137 gr bróm.

Az anyag szintelen tűkben kristályosodik és kapillárisban hevítve 215–220°-on olvad, bomlás közben. Kloroform, aceton, meleg alkohol és metilalkohol jól oldja; éter nehezen; vízben majdnem teljesen oldhatatlan.

### A brómtermék elkülönítése:

2 gr heptaacetylcellobiozidopiperidint 10 cm<sup>3</sup> kloroformban oldunk és 1 gr brómot adunk hozzá. Három óra múlva vízzel kimossuk, megszáritjuk és csökkentett nyomáson besűrítve étert adunk hozzá. Kristályok válnak ki. Termelés 1·5 gr. Az anyag 132–133°-on olvad, bomlás közben.

*Halogén:*

0·3296 gr : 5·30 cm<sup>3</sup> *n*/10 AgNO<sub>3</sub> = 12·85% Br.

A terméket kloroform + éterből újból átkristályosítva, az olvadáspontja 132–133° marad; bomlás közben olvad.

*Halogén:*

0.2010 gr : 3.15 cm<sup>3</sup>  $n_{10}$   $AgNO_3$  = 12.53% Br.

1 atóm brómra számított érték 10.20%, 2 atómra 18.52% bróm.

#### A heptaacetilcellobiozido-piperidin anyalúgjainak feldolgozása.

Az első reakciókeverék kimosásánál nyert vizes anyalúgokat csökkentett nyomáson bepárolva, a maradékot abszolút alkohol-lal vízmentesítjük és abszolút alkohol + éterből kétszer átkristályosítjuk. 1.8 gr 226°-on olvadó anyagot kapunk.

*Halogén:*

0.2010 gr : 12.14 cm<sup>3</sup>  $n_{10}$   $AgNO_3$  = 48.27% Br.

Piperidinbrómhidráttra (166.13) számított érték = 48.11% Br.

#### A heptaacetilcellobiozido-piperidin megbontása alkálival.

5 gr-ot alkoholban oldunk, alkálit adunk hozzá és a fel-szabaduló bázist, Kjeldahl-összeállításban, hígított brómhidro-génbe desztilláljuk. A desztillátumot csökkentett nyomáson szá-razra pároljuk és a maradékot abszolút alkohol + éterből kétszer átkristályosítjuk. 0.8 gr 227°-on olvadó terméket kapunk.

*Halogén:*

0.2166 gr : 13.1 cm<sup>3</sup>  $n_{10}$   $AgNO_3$  = 48.34% Br.

Piperidinbrómhidráttra (166.13) számított érték = 48% Br.

Fenti kísérletek elvégzésénél nagy segítségemre volt BRUCK-NER ZOLTÁN okl. vegyészmérnök úr. Hozzáértő munkásságáért e helyen mondok köszönetet.

## EINWIRKUNG VON TRIMETHYLAMIN UND ANDEREN BASEN AUF ACETOBROMCELLOBIOSE.

Von GÉZA ZEMPLÉN o. M. der Akademie.

Bei der Einwirkung von Trimethylamin auf Acetobromcellobiose bildet sich Heptaacetylcellobiosidodimethylamin und aus den Mutterlaugen lässt sich Tetramethylammoniumbromid isolieren. Heptaacetylcellobiosidodimethylamin liefert bei der Zersetzung mit Alkalien Dimethylamin, anderseits entsteht aus Acetobromcellobiose und Dimethylamin ebenfalls Heptaacetylcellobiosidodimethylamin. Auffällig bleibt jedoch die Tatsache, dass die Verbindung nur 1 Atom Brom addiert. Mit Triäthylamin gibt Acetobromcellobiose Heptaacetylcellobiose; eine analoge Reaktion, wie mit Dimethylamin, findet nicht statt. Diäthylamin liefert eine Stickstofffreie-Verbindung, die in Chloroform zwei Atome Brom addiert und als Hexaacetylcellobiosen bezeichnet wird. Mit Piperidin liefert Acetobromcellobiose ein Heptaacetylcellobiosidopiperidin, das bei der Einwirkung von Brom unter Substitution 1 Atom Brom aufnimmt.

Die Arbeit erscheint in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft Bd **61**. S. 2481—86.

---

(Aus der Sitzung der 3. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Okt. 1928.)



## A TOMILLARES ÉS PHRYGANA NÖVÉNYFORMÁCIÓK ELŐFORDULÁSA KORZIKA SZIGETÉN.

ANDREÁNSZKY GÁBOR bárótól.

Mikor 1926 júliusában Korzika szigetének belsejében jártam, egy, előttem itt még ismeretlen, akkor teljes virágzásban levő növényoszövetkezetet találtam. Ennek megjelenése úgy látszik a domb és szubmontán régiókra terjed ki. Corte vidékén 300—600 m magasságban, gránit és kristályos palatalajon figyeltem meg. Ez a növényzet néhol teljesen zárt, máshol, különösen erősen köves talajon, gyér vagy félig zárt formációt képez; főalkatrészei: *Teucrium marum*, *T. capitatum*, *Lavandula stoechas*, *Helichrysum italicum* és *Santolina incana*. Mint e rövid felsorolásból látjuk, e növényzet főképpen ajakosokból és fészkesvirágúakból áll. Az akkor ott uralkodó hőségben e növények aromás illata töltötte be a levegőt.

Az ilyen, nagyjából aromás illatú labiatákból és compositákból álló növényoszövetkezetek, ahol a félcserjék az uralkodók, úgyszólván az összes mediterrán vidéken el vannak terjedve és legnagyobb s legtipikusabb kifejlődésüket a Pyrenei félszigeten érik el. Innen írta le e növényformációt WILLKOMM (Grdzge de Pflanzenvrbrtg auf d. iberischen Halbinsel) «*tomillares*» néven. A Pyrenei félszigettől kelet felé kiterjedésében veszít és összetételében változik, de tisztán feltalálható a Balkán-félsziget mediterrán vidékein is. A Balkán nyugati részein BECK (Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder pp. 151 és köv.) ezt a formációt «*dalmatinische Felsenheide*» névvel írta le, de összetétele és előfordulása folytán kétségtelenül a tomillares-szel azonos formáció. ADAMOVIĆ (Die Vegetationsverhältnisse d. Balkanländer pp. 189 és köv.) felismeri az ilyen eddig figyelemre nem

méltatott, vagy máshová sorolt mezőknek a spanyolországi tomillares-szel azonos voltát.

A korzikai tomillares-formáció is teljesen xerofil jellegű, amit már az a körülmény is mutat, hogy virágzásuk a legforróbb nyári időre esik, amikor a többi formáció növényei már termésüket érelik. Előfordulási helyük Korzika szárazabb vidékeire esik, mint a belső mély völgyekre és a magashegységek párás levegőjét nélkülöző, a napnak erősen kitett parti lejtőkre.

Míg a Pyrenei félszigeten a tomillares fő alkotóelemei a *Thymus*-fajok, Dalmáciában és a Balkán-félszigeten a *Salvia*-k és a fészkesvirágúak, addig Korzikában a *Teucrium*ok és *Helichrysum*ok. E növényzet aromás olajokban rendkívül gazdag. Korzikában járva az ember meleg nyári napokon behúnyt szemmel, tisztán illata után is felismeri e formációt. De így van ez a többi növényközvetkezetekkel is. A *Cistus*macchiák nehéz mézgaillatot árasztanak, a magasabb völgyekben akkor még virágzó *Spartium junceum* édes, kissé émelyítő szaga már messziről jelzi jelenlétét, végül a hegyvidék fenyvesei fenyőillattal árulják el magukat. Alig van olyan terület, amelynek sajátos illata el ne árulná, hogy milyen növényzettel van borítva.

Hogy a tomillares, mint növényföldrajzi tényező eddig Korzikában nem lett figyelemre méltatva, annak oka leginkább abban rejlik, hogy alkotó növényei közt legfeltűnőbb a *Helichrysum*, melynek egyébként virágzási ideje is hosszabb és így ezeket a mezőket, mint *Helichrysum*-mezőket irták le. Másrészt e formáció igen későn, csak júliusban éri el tenyészetének tetőfokát, amikor is már a többi formációnak alig van virágzó növénye és így abban az időszakban az alacsonyabb fekvésű vidékeken a növényföldrajzi vizsgálódások sokkal gyérebbek.

Korzikától keletre, az Appenin-félszigeten is megtaláljuk a tomillares nyomait, bár itt úgy látszik zárt formáció alkotására sohasem kerül sor. Alkotóik leginkább *Helichrysum*ok, *Micromeria*k, *Santolina* stb., távolról sem alkotva olyan dús, aromás növényzetet, mint a szomszédos szigeten.

A tomillares nem lehetnek sem az Appenin, sem a Balkán-félszigeten olyan kiterjedésűek, mint a Pyrenei félszigeten, már azért sem, mert az előbbieken hiányoznak olyan nagy kiterjedésű,

művelésnek alá nem vetett területek, amelyek egy hasonló xerofil növényzetnek létfeltételeit biztosítanák. Ellenben Spanyolország belseje nagy térségeinek, azok strukturájának, éghajlatának teljesen megfelelő növényzet a tomillares.

Július közepén Korzika belső völgyeiben a *Cistus*ok örökzöld levelei a nagy hőségtől összegöngyölve lekonyultan lógtak. Ekkor már terméseiket érlelték. Ilyenkor tűnik elé a *Cistus*-macchiák xerofil jellege, amely Korzikán májusban fel nem ismerhető. Akkor itt hűvös, harmatos éjszakák uralkodnak: a rendkívül dús cserjés talaja akkor még eléggé nedves, azt számtalan apró, nem is szárazságg kedvelő, virágzó növény fedi, amelyek közt gyakoriak a montán elemek. Ott találjuk a *Helleborus trifolius* var. *corsicus*-t, a *Cyclamen repandum*-ot stb., úgy, hogy a macchiák Korzikán tavasszal egy mezofita formáció képét nyújtják.

A tomillares mellett, sokkal kövesebb helyeken, szórványosan, de nagy vertikális elterjedéssel találunk egy másik növényformációt Korzika szigetén, amelyet 1925-ben Bastia mellett, 1926-ban Corte közelében, a Tavignano völgyben, Korzika északnyugati dombvidékén, sőt Vizzavona felett az alhavasi tájon sikerült megfigyelni. Szintén xerofil jellegű, ritkás formáció, amely leginkább alacsony, szúrós, pillangós cserjékből áll. Ez úgy megjelenésében, mint alkotó elemeiben igen hasonlít azon növénysszövetkezethez, amelyet a Balkán-félszigeten többek között ADAMOVIĆ (l. c. pp. 195 és köv.) «*phrygana*» néven ír le. Vezérnövényei Korzika mediterrán és szubmontán vidékein *Genista Lobelii*, *G. corsica*, *Calycotome infesta*, *G. villosa*, *Ononis spinosa* egyes alakjai és különösen *Anthyllis Hermanniae*, míg a magasabb régiókban mindenekelőtt *Genista Lobelii* és *Anthyllis Hermanniae*, valamint *Berberis aetnensis* és *Astragalus sirinicus*. Ezen rendkívül szúrós cserjécskék közt azután nem szúrós évelők és egyévesek is nagyszámban élnek, mintegy menedéket keresve azok között a legelőállatok ellen, de ezek más formációkban is előfordulnak.

Az 1926 július közepén Korzika szigetére tett utamnak az lett volna a célja, hogy a legmagasabb hegyeknek, elsősorban a Monte Rotondo és Monte Cinto-nak havasi flóráját megtekintsem.

Ennek a tervnek azonban a felső völgyekben akkor még nagyobb területeket borító hó útját állta. A vezető a havasi régiókba való feljutást lehetetlennek ítélte. Így, miután a Tavignano völgy alsó szakaszát átnéztem, Vizzavonába utaztam, hogy legalább a Monte d'Oro alhavasi szikláinak növényzetét tanulmányozhassam.

Vizzavona környékét gyönyörű, de sajnos, állandóan ritkuló *Pinus nigra* erdő borítja, mintegy 1600—1700 m magasságig. A fenyőerdő alja fás és fűnemű növényzete igen gyér. Feltűnőbb típusai: egy *Dyanthus caryophyllus* alak, *Peucedanum ostruthium*, *Digitalis tomentosa*, *Carlina macrocephala*. Felső határán a fenyőerdő átmegy egy magas-montán, de még alhavasi-nak nem nevezhető cserjés formációba, amelynek vezérnövényei humuszosabb helyeken *Alnus suaveolens* és *Acer pseudoplatanus*, köves helyeken pedig *Juniperus nana* és *Anthyllis Hermanniae*.

A Monte d'Oro Vizzavona felé eső lejtőjén 1800—1900 m magasságban már teljesen fátlan gránitsziklafalak merednek az égnek. A Monte Renoso Vizzavona feletti lejtőjén elhúzódo bükkfaöv itt teljesen hiányzik. Ennek oka valószínűleg a Monte d'Oro ezen oldalának rendkívül sziklás, meredek voltában keresendő, mert itt a nyáron odatűző nap a talaj sekélysége miatt mélyen nem gyökerezhető bükkfának a tenyészését lehetetlenné teszi. Nagyobbfokú humuszképződés itt a talaj hajlása miatt lehetetlen.

A Monte d'Oro alhavasi (1800—1900 m) szürke gránitszikláin, azok repedéseiben, egy, Korzika alhavasi és havasi régióira rendkívül jellemző, tekintélyes részben endemizmusokból álló sziklanövényzetet találtam. A gránitsziklák igen forrók, de repedéseikben mindig van némi nedvesség, amit fokoz a tengerszínfeletti magasság okozta erős éjjeli lehűlés. Ez az alhavasi növényzet xerofilnek nem mondható. Igen érdekes itt a *Hiacinthus Pouzolzii* előfordulása. Ezt a növényt egy előbbi utamról szóló közleményemben (Adatok Korzika flórájának ismeretéhez. 1926) több helyről, igen nedves montán és száraz mediterrán helyekről emlitem. Itt is előfordul az alhavasi táj sziklafalainak repedéseiben, még pedig fehérvirágú, vastagodott gyökerű, higrofil alakjában.

Az összes itt előforduló növény közül két korzikai endemizmus mutat határozottan xerofil jelleget. Egyik a *Helichrysum rigidum*, másik pedig az *Armeria leucocephala*. Mindkettő a napégette sziklák repedéseiben nő. Korzikának régi endemizmusai és rokonaik a közeli magashegységekből nem ismeretesek. Rendkívül érdekes volna e két növény szisztematikai és elterjedési viszonyainak pontos ismerete.

Miután itt a sziklafalakon továbbjutni nem tudtam, visszatértem Vizzavonán keresztül Cortebe és onnét másnap Ile Rousseba utaztam. A vidék Ile Rousse felé sokkal kopárabb, mint Korzika egyéb részein. A macchiák háttérbe szorulnak, helyüket kiaszott legelők és igen gyér olajfaligetek foglalják el. Néhol egy-egy lombhullató tölgy szakítja meg az egyhangúságot. Csak nedves, forrásos helyeken látni némileg üdebb növényzetet, egyébként minden száraz, befejezte vegetációját, még az örökzöld macchiák is sínylik a nagy aszályt.

A tengerpart Ile Rousse vidékén részben fővényes, részben gránitsziklákból áll. Ez a két különböző talaj más és más, egyedekben gazdag, fajokban azonban igen szegény növényzetet táplál. Miután a tenger a magvakat könnyen szállítja, az itt előforduló fajok a Földközi-tenger partvidékein nagy elterjedésnek örvendenek.

A Korzika szigetén 1926 július 16—18-án gyűjtött növényeket lelőhelyenként csoportosítva a következőkben sorolom fel:

Corte mellett a Tavignano völgy alsó szakaszán, 500—800 mm, legnagyobbbrészt gránittalajon, xerofil formációk:

*Ceterach officinarum* LAM. et DC.

*Juniperus oxycedrus* L.

*Trisetum flavescens* (L.) BEAUV.

*Paronychia argentea* LAM.

*Silene paradoxa* L.

*Dyanthus caryophyllus* L. subsp. *virginicus* (L.) ROUY  
et FOUC. var. *Godronianus* BRIQ.

*Clematis flammula* L.

*Helleborus trifolius* MILL. var. *corsicus* (W.) BRIQ.

*Sedum album* L.

- Sedum rubens* L.  
     " *dasyphyllum* L. var. *vulgare* MORIS subvar.  
     *Burnati* BRIQ.  
*Genista Lobelii* DC.  
*Ononis spinosa* L. var. *confusa* BURN.  
*Anthyllis Hermanniae* L.  
*Cistus salvifolius* L.  
     " *monspeliensis* L.  
*Daphne gnidium* L.  
*Phyllirea angustifolia* L.  
*Teucrium marum* L.  
     " *capitatum* L.  
*Lavandula stoechas* L.  
*Rosmarinus europaeus* L. var. *angustifolius* DC.  
*Stachys glutinosa* L.  
*Rubia peregrina* L. *angustifolia* (L.) FI. et PAOL.  
*Jasione montana* L.  
*Santoline incana* LAM.  
*Centaurea melitensis* L.  
*Phagnalon sordidum* (L.) DC.  
*Helichrysum italicum* (ROTH.) G. DON.

A Tavignano völgy kissé magasabb szakasza, ritkás Pinus-erdők nedves, csermelyes helyek:

- Osmunda regalis* L.  
*Cyperus longus* L. subsp. *badius* (DESF.) ASCH. et GR.  
*Hypericum hircinum* L.  
*Apium nodiflorum* (L.) RCHB. f. *ochreatum* (DC.) FI.  
     et PAOL.  
*Erica stricta* DONN.  
*Galium rotundifolium* L.

Fenyőerdőkben Vizzavona körül 1000—1500 m magasságban, humuszzsal borított gránittalajon:

- Platanthera bifolia* (L.) RCHB.  
*Silene paradoxa* L.

*Dianthus caryophyllus* L. subsp. *virgineus* (L.) ROUY  
 et FOUC. var. *Godronianus* BRIQ.  
*Ornithopus perpusillus* L.  
*Lotus decumbens* POIR.  
*Euphorbia insularis* BOISS.  
*Peucedanum ostruthium* (L.) KOCH.  
*Pirola chlorantha* L.  
*Monotropa hypopitys* L.  
*Erica scoparia* L.  
*Teucrium scorodonia* L.  
*Digitalis tomentosa* HOFFG. et LK.  
*Galium rotundifolium* L.  
*Carlina macrocephala* MORIS.

Az erdő felett a Monte d'Oro Vizzavona felé eső lejtőjén, törmelékes helyeken:

*Juniperus nana* W.  
*Anthoxanthum odoratum* L.  
*Arrhenatherum elatius* (L.) PR. M. et K.  
*Brachypodium pinnatum* (L.) BEAUV.  
*Nardus stricta* L.  
*Luzula spicata* (L.) DC.  
*Alnus suaveolens* REQ.  
*Thesium pratense* EHRH.  
*Chenopodium Bonus Henricus* L.  
*Alchemilla alpina* L.  
*Acer pseudoplatanus* L.  
*Bupleurum stellatum* L.

1800 m táján, alhavasi gránitsziklákon, sok endemizmus:

*Allosurus crispus* (L.) BERNH.  
*Poa alpina* L. et var. *vivipara* (W.)  
*Festuca rubra* L.  
*Festuca varia* HAENKE subsp. *sardoa* HACK.  
*Hyacinthus Pouzolzii* GAY.  
*Allium schoenoprasum* L. var. *pumilum* BUNGE.  
*Sagina subulata* PRESL var. *Revelieri* GÜRCKE.

*Cerastium stenopetalum* FENZL. var. *polyadenum* BRIQ., gyűjtött példányaim jól egyeznek BRIQUET leírásával (Prodr. de la Flore Corse I. pp. 507—510). Összehasonlító anyag, sajnos, nem állt rendelkezésemre, az exsiccáták *C. stenopetalum*-jai, BRIQUET szerint is, más fajokhoz tartoznak.

*Silene rupestris* L.

*Silene Boraecana* ROUY et FOUC. Ez a növény egyezik fenti név alatti és *S. rupicola* BORREAU néven szereplő alpokbeli herbáriumi példányokkal, de nem egyezik BRIQUET (l. c. p. 547/*S. angustifolia* (MILL.) GUSS. II. subsp. *prostrata* (GAUD.) BRIQ. var. *uniflora* ORTH. in DC. alakjával, már leveleinek nagyságára sem. Az általam gyűjtött példány levelei sokkal nagyobbak, 15—30 mm hosszúak és 8—12 mm szélesek. Így BRIQUET-nek az a megállapítása, hogy a Korzika szigetéről említett *S. Boraecana* a *S. angustifolia* fentemlített alakjához tartoznak és hogy az alpesekbeli *S. Boraecana* nem fordul elő Korzikán, nem helytálló, mert az általam gyűjtött példányt sem vehetjük *S. ang.* var. *uniflora*-nak. A kérdés végleges eldöntéséhez magvakra volna szükség.

*Arabis alpina* L. var. *crispata* (W.) KOCH.

*Cardamine resedifolia* L.

*Thlaspi brevistylum* JORD.

*Barbarea rupicola* MORIS.

*Sedum annuum* L.

*Saxifraga pedemontana* ALL. var. *minor* MORIS.

„ *rotundifolia* L.

*Potentilla crassinervia* MORETTI.

*Alchemilla alpina* L.

*Armeria leucocephala* KOCH.

*Stachys corsica* PERS.

*Valeriana montana* L.

*Phyteuma serratum* Viv.



*Bellium bellidoides* L.  
*Adenostyles glabra* DC.  
*Helichrysum frigidum* (LABILL.) W.  
*Hieracium amplexicaule* L.

Ile Rousse mellett Corbara felé, kisült legelőkön, itt-ott  
kissé bokros területen:

*Osyris alba* L.  
*Clematis flammula* L.  
*Genista corsica* (LOIS.) DC. f. *adscendens* ANDREÁNSZKY.  
*Hypericum hircinum* L.  
*Bupleurum fruticosum* L.  
*Foeniculum piperitum* SWEET.

Ile Rousse fövényes tengerpartján:

*Ephedra distachya* L.  
*Agropyron junceum* (L.) BEAUV.  
*Cakile maritima* SCOP.  
*Thymelaea hirsuta* (L.) ENDL.  
*Crithmum maritimum* L.

Ile Rousse parti gránitszikláin:

*Mesembryanthemum nodiflorum* L.  
*Frankenia laevis* L.  
*Statice articulata* LOIS.  
*Senecio cineraria* DC. f. *ceratophyllus* (TEN.) FI et  
PAOL.

## LES FORMATIONS VÉGÉTALES «TOMILLARES» ET «PHRYGANA» EN CORSE.

Par le Baron ANDREÁNSZKY GÁBOR.

Au cours de mon voyage en Corse du 15 au 18 juillet 1926 j'observai une association de plantes, en plus grande partie sousfrutescentes et aromatiques, dans la vallée de Tavignano non loin de Corte. Cette formation a beaucoup de ressemblances avec les «tomillares» décrites par M. WILLKOMM de la péninsule ibérique. (Grdzge d. Pflzverbr. auf d. iberischen Halbinsel.) Cette formation se retrouve dans les Balcons, ou BECK (Vegetationsverhältnisse d. illyr. Länder) l'a nommée «dalmatinische Felsenheide», et ADAMOVIĆ (Die Vegetationsverhältnisse d. Balkanländer) a établi l'identité de cette formation avec les tomillares de WILLKOMM. En Corse on avait négligé cette formation ou décrite comme steppe à *Helichrysum*. Les tomillares de Corse sont parfaitement xérophiles et sont composées des plantes suivantes : *Teucrium marum*, *T. capitatum*, *Larandula stoechas*, *Helichrysum italicum*, *Santolina incana*. Leur étendue n'est pas très considérable. Elles couvrent les pentes des chaudes vallées intérieures et quelques endroits maritimes.

Une autre formation bien distincte est la «phrygana», composée d'arbustes épineux, surtout papilionacées. Elle se trouve sur les lieux très pierreux et a une très grande extension verticale. On la trouve des rochers maritimes aux régions subalpines. Aux étages inférieurs elle se compose de *Genista Lobelii*, *G. corsica*, *Calycotome infesta*, *C. villosa*, *Ononis spinosa* et principalement *Anthyllis Hermanniae*. A l'étage montagnard et subalpin elle est formée par *Genista Lobelii*, *Anthyllis Hermanniae*, *Astragalus sirinicus* et *Berberis aetnensis*. Son exi-

stence est assurée par les fortes épines de ces arbustes contre les bestiaux. Cette formation a été décrite par ADAMOVIĆ (l. c. pp. 195 et suiv.).

A cause de la neige très haute malgré la saison, je ne pus pas atteindre l'étage alpin du Monte Rotondo et après avoir donné un coup d'oeil à la vallée de Tavignano, je partis pour Vizzavona et visitai les rochers subalpins du Monte d'Oro. Ces rochers granitiques hébergent une flore composée en grande partie par des types endémiques dont *Armeria leucocephala*, *Phyteuma serratum* et *Helichrysum frigidum*. La plupart de ces types étant xérophiles, c'est étonnant que la *Hyacinthus Ponzolzii* se retrouve ici sous une forme nettement hygrophile et fleurit en juillet.

Les pentes des montagnes corses vers le Nord-ouest sont beaucoup plus dénudées que les autres parties de l'île. On n'y voit pas de forêts seuls quelques chênes solitaires. Les côtes d'Ile Rousse sont granitiques ou sablonneuses, possédant chacune sa flore bien spécialisée. Elles ont des espèces de plantes communes avec les côtes continentales de la Méditerranée.

---

(Lu en séance du 14. janvier 1929 de la 3-e classe de l'Académie des Sciences Hongroise.)

## A NYÍRSÉG FLÓRÁJA ÉS NÖVÉNYFÖLDRAJZA.

BOROS ÁDÁM-tól.

(Rövid kivonat.)

A tiszántúli északi homokterület növényzetéből eddig ismert érdekes, de jórészt elszórt adatok indokolttá tették, hogy a területet részletesebben s tervszerűen bejárjam, flóráját teljes enumerációban kritikailag összeállítsam és növényzetét összehasonlítólag jellemezzem.

A legfeltűnőbb eredménnyel járt a Nyírség növényföldrajzának megismerése szempontjából a mohflóra közelebbi tanulmányozása. A mohflórában ugyanis szintén számottevő különbség van a Nyírség és az Alföld többi része közt.

A következő rövid kivonatban kiemelem a kb. 200 oldal terjedelmű dolgozatomban fontosabb eredményeimet.

A Nyírség Flórájára új fajok közül érdekesebbek a következők: *Peltigera polydactyloides*, *P. praetextata*, *Parmelia trichotera*, *P. olivaria*, *Lychnothamnus barbatus* f. *glomerata* FIL., *Chara coronata*, *Ch. connivens*, *Anthoceros levis*, *Dicranum undulatum*, *D. montanum*, *Leucobryum glaucum*, *Pottia Heimii*, *Barbula tophacea*, *Ulotrichum crista*, *Orthotrichum Lyellii*, *Funaria hungarica*, *Aulacomnium palustre*, *Neckera pennata*, *Glimacium dendroides*, *Brachythecium Mildeanum*, *Scleropodium purum*, *Eurhynchium striatum*, *E. strigosum*, *E. Swartzii*, *Hypnum reptile*, *Ptilium crista castrensis*, *Rhytidiadelphus squarrosus*, *Polytrichum perigoniale*, *Phlegopteris dryopteris*, *Dryopteris lonchitis*, *D. lobata*, *Polypodium vulgare*, *Sparganium minimum*, *Caldesia parnassifolia*, *Calamagrostis villosa*, *Festuca montana*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Carex diandra*,

*C. remota*, *C. lasiocarpa*, *Allium ursinum*, *Majanthemum bifolium*, *Helleborine purpurata*, *Stellaria palustris*, *Ranunculus Rionii*, *R. Stevenii*, *Dentaria bulbifera*, *Cardamine impatiens*, *Alchemilla arvensis*, *Callitriche polymorpha*, *Viola suavis*, *V. sublutea*, *Epilobium montanum*, *Sanicula europaea*, *Aegopodium podagraria*, *Angelica pratensis*, *Sium lancifolium*, *Pirola uniflora*, *Vinca minor*, *Monotropa hypopithys*, *Myosotis scorpioides* var. *nemorosa*, *Lindernia pyxidaria*, *Veronica Dillenii*, *V. officinalis*, *Senecio nemorensis*, *Erechthites hieracifolius*, *Hieracium pratense*, *H. sabaudum*, stb.

Az irodalmi adatok tüzetes kritikai megrostálása és a terület bejárása után kiderült, hogy a nyírségi homokpuszták Flórája lényegesen eltér a Duna-Tisza köze homokjától, aminek elsősorban talajtani és fejlődéstörténeti okai vannak. A nyírségi mészben szegény homokon a mészkedvelő pusztai és karszt-növények közül sok hiányzik, köztük számos olyan is, mik a Duna-Tisza köze homokján fontos szerepet játszanak. Ilyenek például a *Parmelia conspersa* homoki alakjai, a *P. subdisfluens*, *P. Pokornyi*, *Caloplaca fulgens*, *Lecanora lentigera*, *Pterygoneurum cavifolium*, *Tortella inclinata*, *Pleurochaete squarrosa*, *Barbula gracilis*, *B. convoluta*, *Encalypta vulgaris*, *Ephedra*, *Tragus*, *Apera interrupta*, *Secale silvestre*, *Aegilops cylindrica*, *Carex nitida*, *Iris pumila*, *Corispermum*-fajok, *Minuartia caespitosa*, *M. setacea*, *M. glomerata*, *Paronychia*, *Gypsophila arenaria*, *Pulsatilla nigricans*, *Syrenia*, *Alyssum tortuosum*, *Medicago minima*, *Astragalus onobrychis*, *Linum glabrescens*, *L. tenuifolium*, *Helianthemum nummularium*, *Fumana*, *Seseli hippomarathrum*, *Vinca herbacea*, *Alkanna*, *Teucrium montanum*, *Globularia*, *Campanula sibirica*, *Achillea pectinata*, *Jurinea*, *Tragopogon floccosus*, *Echinops ruthenicus*, stb. — A *Juniperus communis* csupán egyetlen cserje alakjában fordul elő a Nyírségen egy réten; a *Quercus lanuginosa* előfordulása kétes. A homok mohflórája igen egyhangú és szegényes.

A nyírségi homokon hiányzó fajok közül több eddig szerepelt a Nyírség flórájáról szóló irodalomban, főleg BORBÁS «A magyar homokpuszták növényvilága» és «Szabolesmegye Flórája» című műveiben. Kitént azonban, hogy BORBÁS ezeket az adato-



kat a régibb helyi irodalomból, főleg SCHUCK, KOVÁCS JÁNOS és SZLABÓCZKY megbízhatatlan műveiből vette át s ez az oka annak, hogy a nyírségi homokpuszták Flórájáról alkotott képünk eddig elhomályosított volt. Ezeken kívül még több újabb nyírségi adat hibássága bizonyult be (*Geranium silvaticum*, *Asparagus tenuifolius*, *Clematis flammula*, stb.), ami szintén tisztábbá tette a Nyírség flórisztikai képét.

A Nyírség homokján jelentős szerepe van a mészben szegény homokra jellemző növényeknek, így a *Weingärtneria*, *Jasione*, *Hypochaeris radicata* stb. fajoknak.

A Nyírség helyenkint megmaradt gazdag lápvegetációját az erdőségek kedvező hatása mellett annak köszönheti, hogy lápteknői jókora homokbuckák közé vannak ékelve, melyek elgátolják a 30—40 m-rel mélyebben fekvő Tiszamedertől. E lápteknők kutatása során kitűnt, hogy a bátorligeti típusú láptlóra Nyírbátor vidékén több helyen megismétlődik. Így a szerző a *Gladiolus imbricatus*, *Betula pubescens*, *Trollius*, *Comarum*, *Geranium palustre*, *Epilobium palustre*, *Angelica pratensis*, *Asperula aparine*, *Ligularia*, *Cirsium rivulare* stb. fajokat más termőhelyeken (leginkább Nyírpilis, Szaniszló és Mezőfény határában) is megtalálta. Ilyen típusú lápok a Nyírségen Nyírbátortól távolabb csak Penészlek mellett, a debreceni Haláp-on és a kállósejnéni Mohos-tavon vannak, mindezek flórája azonban már lényegesen szegényebb.

Néhány nagyobb buckaközi tóban gazdag vízi és parti Flóra diszlik, ilyen helyeken legérdekesebbek: *Lychnothamnus*, *Potamogeton gramineus*, *P. acutifolius*, *Najas minor*, *Alisma gramineum*, *Caldesia*, *Stratiotes*, *Leersia*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Ranunculus Rionii*, *Elatine hungarica*, *E. alsinastrum*, *Cicuta virosa*, stb.

A lápok Flórájából a mészkedvelő mohok, mint például a *Cratoneurum commutatum*, *C. filicinum* stb., legnagyobbrészt hiányzanak.

Meglepő a Nyírségen a szódásvízű széktavak és a tőzegek lápok egymáshoz viszonylag közeli előfordulása.

A Nyírség erdeinek Flórája gazdagnak bizonyult. A Nyírség számottevő és részben tiszta gyertyán-állományok is van-

nak (Nyírbakta, Ófehértó), sok olyan árnyékkedvelő növényvel, amelyek az Alföldön másutt igen ritkák vagy hiányzanak. Érdekes aljnövényzete van helyenként az ültetett *Pinus silvestris* állományoknak is (Nyírbakta mellett: *Dicranum undulatum*, *Scleropodium purum*, *Plilium crista castrensis*, *Entodon Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Polypodium*, *Nephrodium spinulosum*, *Dryopteris lobata*, *Asplenium trichomanes*, *Pirola uniflora*, *Veronica officinalis*, *Erechthites* stb.).

Gazdag Flórája van a tornyospálcai Pálcaerdőnek, ez vén nyír-, tölgy- és gyertyánfákból áll, Flórájában nem kevesebb, mint öt harasztfaj él, gazdag zuzmó- és mohflórával együtt (*Parmelia trichotera*, *Dicranum montanum*, *Neckera pennata*, *Hypnum reptile*; továbbá *Majanthemum*, stb.).

Bátorliget erdeihez hasonló a Kispiricsei-erdő Nyírbátor mellett, a Körmei-erdő Mezőfény határában és a Csere-erdő Szaniszló határában. Utóbbi erdőben 10 páfrányfaj él, köztük legmeglepőbb a *Polystichium lonchitis*. Itt van a Nyírség egyetlen boróka-egyede. Ugyanitt idősebb *Betula pubescens* ligetek vannak s egy nedves réten *Aulacomnium palustre* asszociáció *Climacium dendroides*-szel.

Igen érdekes a Nyírség szikeseinek növényzete is. E szódás talajú homoki szikések Flórája nagyon hasonló a Duna-Tisza köze homoki szikeseiéhez és elég élesen elüt a Tiszántúl mészen s sokban szegényebb többi szikeseitől. Szikések csak a Nyírség nyugati és délnyugati szélén vannak, jórészt erősen szódásvízű tavak köré csoportosulnak.

A szikes tavak- és egyéb állóvizekben a *Chara comitens*, *Ch. crinita*, *Zannichellia palustris*, *Potamogeton pectinatus*, partján a *Crypsis aruleata*, *Puccinellia limosa*, *Acorellus pannonicus*, *Suaeda maritima*, *S. pannonica*, *Plantago maritima*, *Aster pannonicus* fajok jellemzőek, utóbbi különös nagy tömegben való előfordulásával is kitűnik. Emelkedettebb helyeken jellemző a *Pottia Heimii*, *Barbula tophacea*, *Funaria hungarica*, *Camphorosma ovata* (tömeges), *Cerastium anomalum*, *Plantago tanuiflora*, *Achillea asplenifolia*, *Taraxacum bessarabicum*.

Hiányzik a Nyírség szikesein a *Parmelia conspersa*, *Tessellinia*, *Barbula vinealis*, *Eragrostis pilosa*, *Beckmannia*, *Hordeum Gussoneanum*, *Pholiurus pannonicus*, *Bassia sedoides*, *Gypsophila muralis*, *Lepidium cartilagineum*, *Roripa Kernerii*, *Ranunculus lateriflorus*, a sziki *Trifolium*-ok, *Peucedanum officinale*, *Statice Gmelini*, *Aster punctatus*, *A. canus*, *Scorzonera parviflora* stb. Ezek közül legmeglepőbb a *Lepidium cartilagineum* hiánya.

\*

A Nyírség Flóráját összehasonlítva a Nagyalföld többi részével, a következő jellemvonások ismerhetők fel.

A homok Flórájában a mészkedvelők hiányát, illetőleg gyérségét, ami a pusztai elemekre is áll, már említettem. Ezzel a jelenséggel szemben a Nyírség lápi és erdei vegetációja jóval gazdagabb, mint a Duna-Tisza közéé. A szikesek Flórája ismét szegényebb, viszont néhány faj nagyobb tömegben fordul itt elő, mint egyebütt (*Crypsis*, *Acorellus*, *Suaeda*, *Aster pannonicus*).

Az a régibb felfogás tehát, hogy a Nyírség erdei és lápi vegetációja ősi állapotban van, mint az Alföld többi részéé és, hogy az régibb kor maradványa, beigazolódott. Ez a jelenség azonban a történelmi idők erdőpusztításainak enyhébb fokával is összefügghet, nagyrészt azonban a Kárpátok közelségének tudható be. Ugyancsak ősi állapotot látok a romok kevésbé «karsztos» talajában és Flórájában is.

A lápok Flórájában meglepő az, hogy oly lánpnövények is szerepelnek a Nyírsegen, amelyek a Kárpátokban is hiányzanak (*Angelica pratensis*, *Calamagrostis neglecta*), vagy ott ritkák. Az erdők és puszták Flórájában Erdély és az Északkeleti Kárpátok hatása is megnyilvánul (*Iris hungarica*, *Onosma pseudarenaria*, *Dianthus glabriusculus*, *D. saxigenus*, *Centaurea inulurata*, *Tilia argentea*, stb.). A Nyírség bennszülöttje a *Pulsatilla hungarica* Soó (*P. flavescens* HAZSL. BORR.) és a *Melampyrum debreceniense*.

A Nyírség Flórájában kevesebb a pusztai és karsztnövény, mint Tokaj-Hegyalja hegyvidékén, ahol a pannoniai Flóra északabbra hatol, mint itt. A Nyírség és Tokaj-Hegyalja közti kapcsolat azonban jól felismerhető.



A pusztai Flóra fejlődéstörténetét kutatva, a szerzőnek a pusztai növények elterjedésének két időszakát sikerült felismernie, az első ősi, természetes elterjedés, a kultúrától független, a másik az emberi kultúrával kapcsolatos s ma is fennáll. A *Peucedanum arenarium*, *Astragalus virgatus*, *Dianthus serotinus*, *D. diutinus*, *Iris arenaria*, *Colchicum arenarium* stb., vagyis a nehezen vándorló, a kultúrát kerülő évelő pusztai növények az ősi steppelflóra maradványai, viszont a *Corispermum*-fajok, *Polygonum floridum*, *Kochia laniflora* stb. a kultúrsteppék elemei. Utóbbiakat terjeszti, előbbieket pusztítja a kultúra. E jelenség igen hasonló a Karszt Flórájának történetéhez, ott is volt egy ősi karsztflóra, amely a kultúrával kapcsolatban nagyobb területet hódított meg. RAPAICS-csal ellentétben az Alföld pontusi jellemét természetes jelenségnek s nem a kultúra befolyásának tartom, a kultúrának a pontusi jellem létrehozásában csak másodlagos szerepe volt.

Úgy az Alföldi pusztá, mint annak Flórája nem a kultúra szüleménye, úgy a homok-, mint a szikpuszták eredeti edaphicus steppe-foltok utódai. A homok mozgékony és talajtalanilag is egyre változó természete megmagyarázza a természetes homokpusztá-foltok létrejöttét. A természetes successio-sorozat klimax-on túli, leromlási fázisai azt a buckaflórát képviselik, amely homokpusztáinkon ma is virul. Utóbbi ezért félkultúrformációnak tekinteni, mint ezt újabban Soó teszi, nem lehet.

Ugyancsak ősi származást kell az erdők Flórájának is tulajdonítanunk, mint RAPAICS megengedi, mert azok ilyen gazdag kifejlődéséhez nem lehet elég az az idő, amely a történelmi erdőpusztítások óta eltelt.

A részletekre vonatkozólag utalok egész terjedelmében másutt megjelenendő dolgozatomra.

# DIE FLORA UND DIE PLANZENGEOGRAPHISCHEN VERHÄLTNISSE DES NYÍRSÉG.

Von ADAM BOROS.

(Kurzer Auszug.)

Die wichtigsten Resultate dieser ausführlichen Arbeit über die Flora des nördlichen Sandgebietes des ungarischen Tieflandes jenseits der Theiss («Nyírség» genannt), mögen in folgendem zusammengefasst werden.

Für die Flora des Nyírség sind die in der ersten Liste im ungarischen Text aufgezählten Arten neu (s. S. 48, 49, 50, 51, 52.).

Nach sorgfältiger kritischer Sichtung der literarischen Angaben und oftmalige Begehung des Gebietes wurde es klar, dass die Flora der Sand-Puszten des Nyírség wesentlich von jener des Sandgebietes zwischen der Donau und der Theiss abweicht, was hauptsächlich in der Beschaffenheit des Bodens und dessen Entwicklungsgeschichte seine Ursachen hat. Es fehlen auf dem kalkarmen Sande des Nyírség von den kalkliebenden Steppen- und Karst-Pflanzen viele, darunter auch viele solche, die auf dem Sande des Gebietes zwischen der Donau und der Theiss eine wichtige Rolle spielen. Solche sind die auf der zweiten Liste im ungarischen Text aufgezählten Arten (s. S. oben). *Juniperus communis* kommt auf dem Nyírség blos in der Gestalt eines einzigen Strauches vor. Das Vorkommen von *Quercus lanuginosa* ist zweifelhaft. Die Moorflora des Sandes ist äusserst eintönig und ärmlich.

Mehrere von den am Nyírség fehlenden Arten figurierten bisher in der die Flora des Nyírség behandelnden Literatur, hauptsächlich in den Arbeiten Borbás's: «A magyar homok-

puszták növényvilága» und «Szabolcs megye Flórája». Es stellte sich jedoch heraus, dass BORBÁS diese Angaben aus der älteren Lokal-Literatur, besonders aus den wenig verlässlichen Werken SCHUCK's, JOHANN KOVÁCS' und SZLABÓCZKY's übernommen hatte und dies ist die Ursache, dass unser Wissen über die Flora der Sandpuszten des Nyírség bisher so unklar wurde.

Auf dem Sande des Nyírség spielen die für kalkarmen Sand charakteristischen Arten eine bedeutende Rolle, so die Arten: *Weingärtneria*, *Jasione*, *Hypochaeris radicata*, etc.

Das Nyírség verdankt seine stellenweise erhalten gebliebene reiche Moorvegetation neben dem günstigen Einflusse der Wäldungen dem Umstande, dass seine Moorbecken zwischen beträchtlichen Bucka's (Sandhügeln) eingezwängt sind, die diese von den um 30—40 m tiefer liegenden Flussbette der Theiss abdeichen. Die Untersuchung dieser Moorbecken ergab, dass sich der Typus jener Moorvegetation, der sich am ausgeprägtesten im Moore von Bátorliget findet, sich in der Gegend von Nyírbátor an mehreren Orten wiederholt. So fand ich *Glaucolus imbricatus*, *Betula pubescens*, *Trollius*, *Comarum*, *Geranium palustre*, *Epilobium palustre*, *Angelica pratensis*, *Asperula aparine*, *Ligularia*, *Girsium rivulare* etc. auch an anderen Standorten (zumeist in der Gemarkung von Nyírpilis, Szaniszló und Mezőfény) vor. Ähnliche Moore sind im Nyírség, in der weiteren Umgebung von Nyírbátor, nur noch bei Penészlek, auf dem «Haláp» bei Debrecen und am «Mohos»-See bei Kállósemjén anzutreffen, ihre Flora ist aber schon wesentlich artenärmer.

In einigen grösseren, zwischen Bucka's eingezwängten Teichen prangt eine reiche Wasser- und Uferflora. An solchen Stellen sind die interessantesten: *Lychnothamnus*, *Potamogeton gramineus*, *P. acutifolius*, *Najas minor*, *Alisma gramineum*, *Caldesia*, *Stratiotes*, *Leersia*, *Schoenoplectus mucronatus*, *Ranunculus Rionii*, *Elatine hungarica*, *E. alsinastrium*, *Cicuta virosa*.

Von der Flora der Moore fehlen meist die kalkliebenden Moose ganz, so z. B. *Cratoneurum commutatum*, *C. filicinum* usw.

Überraschend ist am Nyírség das verhältnismässig nahe Vorkommen von Natron-Teichen und Torfmooren.

Die Flora der Wälder des Nyírség erwies sich als überraschend reich. Letztere werden teilweise aus reinen Weissbuchen-Beständen (Nyírbakta, Ófehértó), gebildet, welche viele schattenliebende Pflanzen beherbergen, die sonst im ungarischen Tieflande sehr selten sind, oder fehlen. Eine interessante Untervegetation besitzen auch die stellenweise angepflanzten *Pinus silvestris*-Bestände (bei Nyírbakta: *Dicranum undulatum*, *Scleropodium purum*, *Ptilium crista castrensis*, *Entodon Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Polypodium*, *Nephrodium spinulosum*, *Dryopteris lobata*, *Asplenium trichomanes*, *Pirola uniflora*, *Veronica officinalis*, *Erechtites* etc.).

Eine reiche Vegetation weist der Wald «Pálca-erdő» bei Tornyospálca auf — bestehend aus alten Birken, Eichen und Weissbuchen — nicht weniger als fünf Farn-Arten gedeihen hier, zusammen mit einer reichen Flechten- und Moos-Flora (*Parmelia trichotera*, *Dicranum montanum*, *Neckera pennata*, *Hypnum reptile* etc.)

Den Wäldern von Bátorliget ähnlich sind die Wälder Kispiricsi-erdő bei Nyírbátor, Körmei-erdő in der Gemarkung von Mezőfény und der Wald Csere-erdő von Szaniszló. In letzterem leben zehn Farn-Arten, darunter ist das Vorkommen von *Polystichum lonchitis* das auffallendste. Hier findet sich auch der einzige Wacholderstrauch des Nyírség. Ebenda sind ältere *Betula pubescens*-Auen; auf einer nassen Wiese macht sich eine *Aulacomnium palustre*-Assoziation mit *Glimacium dendroides* breit.

Sehr interessant ist auch die Flora der Nyírséger Alkaliböden («Szikböden»). Die Pflanzenwelt dieser sodahaltigen, sandigen «Szik»-Felder ist jenen der zwischen der Donau und der Theiss befindlichen sehr ähnlich und unterscheidet sich ziemlich scharf von den übrigen, an Kalk und an Salzen ärmeren Szikböden, welche sich jenseits der Theiss vorfinden. Szikfelder gibt es nur an dem westlichen und südwestlichen Rande des Nyírség und diese schliessen sich vorwiegend an die stark sodahaltigen Teiche an.

Für die sodahaltigen Teiche und anderen stehenden Gewässer sind die Arten: *Chara connexa*, *Ch. crinita*, *Zannichellia palustris*, *Potamogeton pectinatus*, am Ufer: *Cryptis*

*aculeata*, *Puccinellia limosa*, *Acorellus pannonicus*, *Suaeda maritima*, *S. pannonica*, *Plantago maritima*, *Aster pannonicus* charakteristisch; letzterer fällt auch durch sein besonders massenhaftes Vorkommen auf. An etwas höheren Stellen sind: *Potentilla Heimii*, *Barbula tophacea*, *Fumaria hungarica*, *Camphorosma ovata* (massenhaft), *Cerastium anomalum*, *Plantago tenuiflora*, *Achillea asplenifolia*, *Taraxacum bessarabicum* charakteristisch.

Es fehlen den Szikböden des Nyírség: *Parmelia conspersa*, *Tessellinia*, *Barbula vinealis*, *Eragrostis pilosa*, *Beckmannia*, *Hordeum Gussoneanum*, *Pholurus pannonicus*, *Bassia sedoides*, *Gypsophila muralis*, *Lepidium cartilagineum*, *Roripa Kernerii*, *Ranunculus lateriflorus*, die *Trifolium*-Arten der Szikböden, *Peucedanum officinale*, *Statice Gmelini*, *Aster punctatus*, *A. canus*, *Scorzonera parviflora* etc. Unter all diesen ist die Abwesenheit des *Lepidium cartilagineum* das auffallendste.

\*

Ein Vergleich der Pflanzenwelt des Nyírség mit jener der übrigen Teile der Grossen Tiefebene, ergibt die folgenden Charakterzüge.

Das Fehlen, beziehungsweise die Seltenheit der kalkliebenden Arten der Sandflora — und dies bezieht sich auch auf die Steppenelemente — wurde bereits erwähnt. Im Gegensatz zu dieser Tatsache ist die Moor- und Waldvegetation des Nyírség viel reicher, als jene zwischen der Donau und der Theiss. Es hat sich also die ältere Auffassung bestätigt, nach welcher die Wald- und Moorvegetation des Nyírség sich in einem ursprünglicheren Zustande befindet, als die der übrigen Teile der Tiefebene und ein Relikt einer älteren Periode darstellt. Die Erscheinung kann mit dem geringeren Grade der Waldverwüstung historischer Zeiten zusammenhängen, ist aber doch zum guten Teile der Nähe der Karpathen zuzuschreiben. In dem weniger «verkarsteten» Boden und der diesem entsprechenden Flora des Sandes erblicke ich ebenfalls einen ursprünglicheren Zustand.

Überraschend ist in der Moorflora, dass Arten auf dem Nyírség vorkommen, die sogar in den Karpathen fehlen (*Angelica pra-*

*tensis*, *Calamagrostis neglecta*) bzw. selten sind. In der Flora der Wälder und Steppen offenbart sich auch der Einfluss Siebenbürgens und der nordöstlichen Karpathen (*Iris hungarica*, *Dianthus glabriusculus*, *D. sarigenus*, *Tilia argentea*, *Onosma pseudarenaria*, *Centaurea indurata* etc.). Eingeborene des Nyírség sind: *Pulsatilla hungarica* Soó [*flavescens* (HAZSL.) BOBB.] und *Melampyrum debreceniense* Soó.

In der Flora des Nyírség sind weniger Puszta- und Karstpflanzen als in derjenigen der Gebirgsgegend von Tokaj-Hegyalja, wo die pannonische Flora mehr nach Norden vordringt. Der Zusammenhang zwischen Nyírség und Tokaj-Hegyalja ist aber entschieden bemerkbar.

Die Entwicklungsgeschichte der Flora der Puszta untersuchend, gelang es mir, zwei Phasen der Verbreitung der Pusztapflanzen zu erkennen, die erste ist eine ursprüngliche, natürliche Verbreitung, welche von der Kultur unabhängig ist, die zweite steht mit der letzteren im Zusammenhang und setzt sich auch heute noch fort. Die Arten: *Peucedanum arenarium*, *Astragalus virgatus*, *Dianthus serotinus*, *D. diutinus*, *Iris arenaria*, *Colchicum arenarium* etc., also die schwer wandernden, die ausdauernden, die Kultur meidenden Pusztapflanzen sind Reste der ursprünglichen Steppenflora, hingegen die Arten von *Corispermum*, *Polygonum floridum*, *Kochia laniflora* etc. sind Elemente der Kultursteppen. Letztere werden von der Kultur verbreitet, die ersten dagegen verdrängt. Diese Erscheinung ist der Geschichte der Flora des Karstes sehr ähnlich, dort war ebenfalls eine ursprüngliche Karstflora vorhanden, welche infolge der Kultur ein grösseres Gebiet erobert hatte. Im Gegensatze zu RAPAICS' Meinung halte, ich den pontischen Charakter des Alföld für eine natürliche Erscheinung und nicht für den Einfluss der Kultur, die Kultur hatte bei der Entstehung des pontischen Charakters nur eine sekundäre Rolle.

Die Puszta des Alföld, sowie deren Flora sind nicht eine Folge der Kultur, sondern die Sand-Puszten, sowie auch die Szikpuszten sind vielmehr die Nachkommen der ursprünglichen edaphischen Steppenflecke. Die bewegliche und auch pedologisch sich fortwährend ändernde Natur des Sandes erklärt die Ent-

stehung der natürlichen Sandpusztenflecke. Die nach dem Klimax zustandekommenden Verfallsstadien der natürlichen Successionsreihe repräsentiert jene Bucka-(Sandhügel-)Flora, die auf unseren Sandpuszten heute noch gedeiht. Letztere kann also nicht — wie dies neuerlich Soó tut — als eine Halbkulturformation betrachtet werden.

Ebenso muss der Flora der Wälder eine mehr ursprüngliche Herkunft zugeschrieben werden, als wie es RAPAICS zulässt, denn zu ihrer so reichen Entwicklung konnte die Zeit, die seit den Waldrodungen geschichtlicher Zeiten verstrichen ist, nicht ausreichen.

Betreffend der Einzelheiten verweise ich auf meine an anderer Stelle erscheinende ausführliche Arbeit.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 22. April 1929.)

# A VASÚTI ÜZEM GAZDASÁGOSSÁGÁNAK MÉRTÉKE.

ZELOVICH KORNÉL rendes tagtól.

## A tudományos üzemvezetés célja.

Napjainkban az üzemek racionalizálása mindenütt előtérbe lép.

A racionalizálás célja az üzemben erőnek, időnek és anyagnak minimális felhasználásával maximális eredményt elérni.

Az igazság érdekében meg kell állapítani, hogy a racionalizálás fogalma korántsem új.

A firenzei ALBERTINI már a trecento végén szívére köti fiainak: «Nulla fate senza optima ragione».<sup>1</sup> Végeredményében ugyanezt a gondolatot fejezi ki a Gesta Romanorum-ból gyakran idézett mondás: «Quidquid agis, prudenter agas et respice finem». Hasonló értelmű verses bölcs mondásért HANS SACHS szerint DOMITIANUS császár 1000 aranyat fizetett egy athéni bölcsésznek.

Tény az, hogy ma a racionalizálásra való törekvés fokozottabb mértékben és a nagy üzemekben részben új eljárással lép előtérbe és bizony-bizony itt is gyakran figyelembe kellene venni a DOMITIANUS által nagyrabecsült bölcs mondás végső részét: «respice finem».

A racionalizálás velejében nem más, mint tudományos üzemvezetés.

Lord KELVIN, a kiváló fizikus, ismételve hangsúlyozta, hogy minden tudományban a mérés lehetősége az első lépés a tudományos ismerethez.

---

<sup>1</sup> DREYER: Zur Wirtschaftlichkeit durch Arbeit. Verk. techn. Woche 1926. Heft 35.



Amikor az első közforgalmú angol vasúton, a viteldíjat az addigi póstai viteldíjnak egyharmadára, tömegáruknál pedig még jóval nagyobb mértékben szállították le, a viteldíjnak így értelmű megállapítása tudományos vizsgálat, mérés alapján történt.

A lángheszű STEPHENSON GYÖRGY, a lokomotív atyja, ugyanis a vonatellenállás megállapítására méréseket végzett. E mérések szerint az ellenállás a vasúton jóval kisebb volt, mint a közúton. A kisebb ellenállás párosulva a gőzerőnek aránylagosan olcsóbb voltával, nyilván a csekélyebb vasúti szállítási költséget jelentette, természetes tehát, hogy STEPHENSON vizsgálatai alapján a vasúti tarifának a póstaihoz képest lényeges csökkentése megokolt volt. E szerint a tudományos üzemvezetés megnyilatkozik már az első közforgalmú vasúton száz esztendővel ezelőtt.

A tudományos üzemvezetés tudományos vizsgálatok, mérések, megfigyelések, összehasonlítások alapján az üzemből *erőt, időt és anyagot*, végeredményben tehát *költséget* igyekszik megtakarítani.

Nyilvánvaló, hogy a vasúti szállítás célja: személyeknek és áruknak gyorsan és nagy tömegben való továbbítása, különböző módon, olcsón vagy kevésbé olcsón érhető el. A tudományos üzemvezetés célja, hogy a vasúti szállítás lehetőleg olcsó, gazdaságos legyen. E végből a forgalom miként való lebonyolítását, az üzemi munkafolyamatokat állandóan kell megfigyelni. E munkafolyamatok gazdaságosságának ellenőrzésére becses anyagot szolgáltat a vasúti gazdasági statisztika alapján való egybevetés. Éppen ezért a vasútnak nagy súlyt vetnek e statisztika összeállítására és teljesítményeiről, üzemi eredményeiről évi jelentésekben tájékoztatnak. Rendszeresen foglalja össze a forgalomra és üzemre vonatkozó teljesítményi adatokat, valamint kiadásokat a Német Vasút-Egyület statisztikai kiadványa az Egyület keretébe tartozó vasútnak,<sup>1</sup> — ezek között vannak a nagyobb magyar vasútnak is — és ilyen módon alkalmas segédeszközt nyújt a különböző vasútnak üzemvezetésének összehasonlítására.

<sup>1</sup> Statistische Nachrichten von den Eisenbahnen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.

## Az üzem gazdaságosságának mértéke.

Nyilvánvaló, hogy a vasútak üzemének a gazdaságosság szempontjából való összehasonlításakor a vasútaknak kiadásait a teljesítményekkel kell vonatkozásba hozni.

Ezt a tételt azért kell hangsúlyoznunk, mert a különböző vasútak üzemkezelését még gyakran ma is az *üzemi koefficiens* alapján hasonlítják össze. Az ilyen alapon való összehasonlítás azonban helytelen.<sup>1</sup> Az üzem koefficiensben ugyanis a kiadások a bevételekhez vannak viszonyítva, nem pedig a teljesítményekhez.

Hasonlóan értéktelen és csak ignotos fallit az olyan összehasonlítás, amelyben a kiadások *egy km* pályahosszra vannak vonatkoztatva. Természetes, hogy két- vagy többvágányú vonal pályakm-ére, még a lehető leggazdaságosabb üzemkezelés esetén is, több kiadás esik, mint egy egyvágányú vasútéra. Fővasútnak pályakm-ére több kiadás esik, mint vicinális vasútéra.

A vasútak teljesítményeit a vasúti gazdasági statisztika első-sorban tonnakm-ekben és kocsitengelykm-ekben szokta kifejezni. Ezek a teljesítmények bármely alakjukban *munkát* fejeznek ki.

A gazdasági statisztikában felsorolt vasúti teljesítmények két csoportba oszthatók, úgymint az *üzemi* és a *forgalmi* teljesítmények csoportjába.

Az *üzemi teljesítmények* okozzák a vasútak *kiadásait*. Ezek: a bruttotonnakm s a kocsitengelykm-teljesítmények. A *forgalmi teljesítmények* hozzák a vasútnak a *bevételeket*. Ezek: az utaskm, az árutonnakm (nettotonnakm) teljesítmények.

Az a kérdés már most, hogy melyik teljesítmény egységre eső kiadás legmegfelelőbb mértéke az üzem gazdaságosságának.

## A bruttotonna-km egységre eső kiadás.

Ha a vasútak kiadásait a kiadást okozó üzem i teljesítményekre vonatkoztatjuk, tehát például kiszámítjuk a bruttotkm

---

<sup>1</sup> ZELOVICH KORNÉL : Nagy vasútak gazdaságos üzeme. 1912. Magyar Mérnök- és Építész Egylet Közlönye.

egységre eső kiadást, ez az egységtétel alkalmasnak tetszik az összehasonlításra.

Az I. táblázatban van feltüntetve a világ legnagyobb vasúti vállalatának: a német birodalmi vasútnak, továbbá az osztrák szövetségi vasútnak, valamint a bennünket elsősorban érdeklő m. kir. államvasútnak és a Duna-Száva-Adria vasútnak bruttótkm egységre eső kiadása 1909-re,<sup>1</sup> 1926-ra és 1927-re.<sup>2</sup>

I. táblázat. Egy bruttótkm-re eső kiadás pengő fillérben.

	1909	1926	1927	
M. kir. államvasútak:	1·341	2·432	2·339 ;	$\frac{2·339}{1·341} = 1·746$
Német birodalmi vasút:	1·480	2·409	2·534 ;	$\frac{2·534}{1·480} = 1·728$
Osztrák szövetségi vasútak:	1·680	3·250	3·009 ;	$\frac{3·009}{1·680} = 1·790$
Duna-Száva-Adria vasút:	1·480	2·400	2·410 ;	$\frac{2·410}{1·480} = 1·625$

A táblázatból kitűnik, hogy egy bruttótkm-re eső kiadás a m. kir. államvasúton úgy 1909-ben, mint 1926 27-ben kisebb volt, mint akár a német birodalmi vasúton, akár az osztrák szövetségi vasúton, akár a Duna-Száva-Adria vasúton, továbbá, hogy a vasútak *üzemi teljesítménye* a világháború után lényegesen megrágult. Ez a drágulás 1926 27-ben, illetőleg 1927-ben 1909-hez viszonyítva a m. kir. államvasúton 74·6 %, a német

<sup>1</sup> A világháború előtt azért választottuk az 1909. évet, mert a Német Vasút Egyletnek 1910-től kezdve kisebb terjedelmű statisztikája az összehasonlításra már nem nyújtott kellő részletességgel adatokat. Az 1909-re vonatkozó egységár a német birodalmi vasút rovatában az akkori német államvasútnak (a badeni, bajor, oldenburgi, szász, elszász-lotharingiai, mecklenburgi, porosz katonai, württembergi és egyesült porosz-hesszeni vasútnak), az osztrák szövetségi vasút rovatában az 1909. évi egységár az akkori osztrák államvasútnak és a Duna-Száva-Adria vasút rovatában a déli vasút akkori magyar vonalaira vonatkozik. Ez a megállapítás mértékadó a további táblázatokra is.

<sup>2</sup> Az 1926. és 1927. évre vonatkozó m. kir. államvasúti adatok úgy ebben, mint a III. táblázatban általában 1925/26., illetőleg 1926 27. számadási évre vonatkoznak.

birodalmi vasúton 72·8%, az osztrák szövetségi vasúton 79·0%, a Duna-Száva-Adria vasúton pedig 62·5%.

A drágulás általában nagyobb mértékű az általános drágulásnál, minthogy nem csupán a vasúti üzemi anyagok drágultak meg, hanem a szociális követelmények következtében (szabványozott munkaidő, pihenő idő) a vasúti személyzet a teljesítményekhez viszonyítva szaporodott s ennek következtében az összes kiadások tekintélyes részét kitevő személyi kiadások is nagyobbak lettek.

### A személyi kiadások.

A vasúti üzem gazdaságossága szempontjából nem mellékes, hogy a vasútak évi kiadásaiból mennyi esik a személyi kiadásokra.

A Német Vasút Egylet keretébe tartozó vasúton az egyleti statisztika szerint 1909-ben átlagban az évi kiadásnak 50·11%-a, tehát több mint fele személyi kiadás<sup>1</sup> volt.

A nagyobb vasútak közül 1909-ben a *német* vasúton a személyi kiadás az évi kiadásnak 50·39%-a, az osztrák államvasúton 51·14%-a, a m. kir. államvasúton 47·25%-a volt. A Máv.-on tehát a személyi kiadás kisebb volt, mint az összes kiadás fele.

Az összes kiadásból a személyi kiadásra eső hányad már ekkor is növekedő irányzatot mutatott. A folyó század elején 1900-tól 1909-ig az egyleti vasúton átlagban a személyi kiadás 47·5%-ról 50·11%-ra emelkedett. A viszonylagos növekedés egy évtized alatt  $\left(\frac{50·11}{47·5} = 1·05\right)$  5%. Ugyanezen idő alatt a *német* vasúton a viszonylagos növekedés 7·5%, a m. kir. államvasúton pedig 4%.

Megállapítható volt egyszersmind, hogy az akkori nagy magánvasútnál az összes kiadásból általában nagyobb hányad jutott a személyi kiadásra, mint az államvasútnál. Így 1909-ben az osztrák északnyugati vasúton 61·34%, az osztrák-magyar

<sup>1</sup> A személyi kiadás a személyzet járandóságát és a nyugdíjterhet is magában foglalja.

államvaspályán 54·25 %, a déli vasút osztrák vonalain 53·52 %, a déli vasút magyar vonalain 50·71 % jutott az összes kiadásból személyi kiadásra.

A német vasút egyleti statisztika szerint 1926-ban az összes üzemi kiadásból személyi kiadásra jutott a német birodalmi vasúton 65·65 %, az osztrák szövetségi vasúton 74·29 %, a Duna-Száva-Adria vasúton 75·36 % és ugyanezen statisztika szerint 1926/27-ben a m. kir. államvasúton 65·55 %.

A Máv. kvótája most is a legkisebb ugyan, de amíg 1909-ben a német vasútak kvótája aránylagosan  $\left(\frac{50\cdot39}{47\cdot25} = 1\cdot065\right)$  6·5 %-kal volt nagyobb, 1926-ban már alig valamivel, 0·15 %-kal.

Látni tehát, hogy időközben a személyi kiadás hányada lényegesen megnőtt. 1909-hez viszonyítva 1926-ban a személyi kiadások kvótája viszonylagosan nagyobb lett: a német birodalmi vasúton  $\left(\frac{65\cdot65}{50\cdot39} = 1\cdot32\right)$  32 %-kal, a m. kir. államvasúton  $\left(\frac{65\cdot55}{47\cdot25} = 1\cdot39\right)$  39 %-kal, az osztr. szöv. vasúton  $\left(\frac{74\cdot29}{51\cdot14} = 1\cdot45\right)$  45 %-kal és a Duna-Száva-Adria vasúton  $\left(\frac{75\cdot36}{50\cdot71} = 1\cdot48\right)$  48 %-kal.

Erre a nagymértékű növekedésre kétségtelenül befolyással van a nyugdíjteher is, amely ma sokkal nagyobb, mint a világháború előtt.

Dr. Ing. DORPMÜLLER a német birodalmi vasút vezérigazgatója «Gegenwart und Zukunft der Reichsbahn» című előadásában<sup>1</sup> fenyegető veszélyként említi fel a növekedő nyugdíjterhet, amely 1913-ban (121 millió M) az akkori illetmények 17·5 %-át tette ki, ma pedig (471 millió RM) az illetményeknek 40 %-a. Biztosítási matematikai szakértők közreműködésével megállapított pontos számítások szerint a nyugdíjteher 1946-ig, amikor a legnagyobb lesz, 592 millió RM-ra, az illetmények 50 %-ára fog emelkedni.

A nyugdíjteher szempontjából még kedvezőtlenebb a helyzete a Máv.-nak és ebben találja magyarázatát, hogy a személyi

<sup>1</sup> Die Reichsbahn 1929. Heft 6.

kiadásra eső hányad a m. kir. államvasúton nagyobb mértékben nőtt meg, mint a német birodalmi vasúton.

A német vasút egyleti statisztika szerint ugyanis a *személyzet járandósága* 1926/27-ben a m. kir. államvasúton az összes üzemi kiadásnak 45·15 %-a és 1926-ban a német birodalmi vasúton 51·15 %-a, az osztrák szövetségi vasúton 54·35 %-a, a Duna-Száva-Adria vasúton pedig 58·50 %-a; a *nyugdíjteher* viszont az összes kiadásnak: 1926/27-ben a m. kir. államvasúton 19·27 %-a (a személyzeti járandóság 42·7 %-a), ezzel szemben 1926-ban a német birodalmi vasúton csak 11·07 %-a (a személyzeti járandóság 21·7 %-a), az osztrák szövetségi vasúton 17·78 %-a (a személyzeti járandóság 32·7 %-a) és a Duna-Száva-Adria vasúton 18·85 %-a (a személyzeti járandóság 32·3 %-a).

E szerint a m. kir. államvasúton a nyugdíjteher viszonylagosan a német birodalmi vasúthoz képest  $\left(\frac{19\cdot27}{11\cdot07} = 1\cdot74\right)$  1·74-szeres, az osztrák szövetségi vasútakéhoz képest pedig  $\left(\frac{19\cdot27}{17\cdot78} = 1\cdot085\right)$  1·085-szörös arányú.

Ha 1926/27-ben a m. kir. államvasúton hasonlóan, mint 1926-ban a német birodalmi vasúton, a nyugdíjteher 11·07 %-át tette volna ki az összes kiadásnak, akkor a személyi kiadás az összes kiadásnak csupán 57·35 %-a lett volna, tehát a német birodalmi vasút 65·65 %-os kvótája  $\left(\frac{65\cdot65}{57\cdot35} = 1\cdot148\right)$  kerekén 15 %-kal lett volna nagyobb, azaz 1909-hez viszonyítva  $\left(\frac{14\cdot8}{6\cdot5} = 2\cdot28\right)$  a nagyobbodás több mint kétszeres lett volna. •

A személyi kiadás kvótájára az illetmények nagysága mellett kétségtelenül befolyással van az alkalmazottak száma is.

### Az alkalmazottak száma.

Az alkalmazottak számát különböző vasúton megint nem lehet hosszegységre vonatkoztatva helyesen összehasonlítani, mert kétségtelen, hogy fővasúton egy km hosszúságra több alkalmazott szükséges, mint mellékvasúton. Az összehasonlítás tehát

ebben az esetben is csupán üzemi teljesítményre vonatkoztatva ad helyes tájékoztatást, figyelembe véve azt a körülményt is, hogy minél kiterjedtebb vonalhálózata s minél sűrűbb forgalma van a vasútnak, ugyanahhoz a teljesítményhez annál kevesebb alkalmazottra van szüksége.

Kocsitengelykm üzemi teljesítményre vonatkoztatva az alkalmazottak számát a II. táblázat tünteti fel.

II. táblázat. Százezer kocsitengelykm-re eső alkalmazottak száma.

	1913	1924/25	1925/26	1926/27	1927/28
M. kir. állam- vasútak:	2·88	5·16	4·64	4·34	4·27; $\frac{4·27}{2·88} = 1·48$
Német birodalmi vasút:	2·40	3·63	2·92	2·67	2·7; $\frac{2·7}{2·4} = 1·125$
Osztrák szövetségi vasútak:	3·49	—	—	5·23	4·96; $\frac{4·96}{3·49} = 1·425$
Duna-Száva-Adria vasút:	2·88	—	6·28	5·81	5·58; $\frac{5·58}{2·88} = 1·93$

E szerint 1927-ben, illetőleg 1927/28-ban kocsitengelykm üzemi teljesítményre vonatkoztatva legkisebb a személyzet a német birodalmi vasúton, sorban következik a Máv.  $\left(\frac{4·27}{2·7} = 1·58\right)$  58%-kal, az osztrák szövetségi vasút  $\left(\frac{4·96}{2·7} = 1·84\right)$  84%-kal és a Duna-Száva-Adria vasút  $\left(\frac{5·58}{2·7} = 2·06\right)$  106%-kal nagyobb személyzettel. 1927-ben, illetőleg 1927/28-ban 1913-hoz viszonyítva és kocsitengelykm-teljesítményre vonatkoztatva a személyzet az 573 km hosszú aránylag kis vonalhálózatú Duna-Száva-Adria vasúton 93%-kal, az 5829 km hosszú, tízszer nagyobb vonalhálózatú osztrák szövetségi vasúton az osztrák államvasútakéhoz viszonyítva, ahol már 1913-ban is aránylag túl nagy volt a személyzet, 42·5%-kal, a 7257 km hosszú m. kir. államvasúton 48%-kal, míg az 53,545 km hosszú, tehát jelentékenyen nagyobb vonalhálózatú és jóval sűrűbb forgalmú német birodalmi vasúton 12·5%-kal lett nagyobb.

*A német birodalmi vasúton az alkalmazottak számának változása :*

	1913	1919	1920	1921
az akkori, a mai területre vonatkoztatva :				
	741,082	692,714	1.122,505	1.090,690
				1.054,696
1923 okt. a létszám- apasztás előtt :		1925	1926	1927
	1.010,876	732,961	707,570	704,016

A német birodalmi vasúton 1927-ben az alkalmazottak száma  $\left(\frac{704,016}{692,714} = 1.02\right)$  már csupán 2%-kal nagyobb, mint 1913-ban volt a német államvasúton Németország mai területén.

Nyilvánvaló, hogy az alkalmazottak számában a növekedés, illetőleg változás mértékére a vasútnak technikai tökéletessége is befolyással van. A német birodalmi vasúton nem csupán azért legkisebb mértékű az alkalmazottak számának növekedése a teljesítményre vonatkoztatva, mert vonalhálózata a legnagyobb és forgalma a legsűrűbb, hanem azért is, mert a vasúti tudományos technika haladásával leginkább volt képes lépést tartani. Hiszen ezen a vasúton csupán az átmenő tehervonati fék bevezetésével 22 ezer fékező, az alkalmazottaknak több mint 3%-a szabadult fel. Ugyanilyen tehervonati fékrendszernek bevezetése esetén a m. kir. államvasúton több mint 1700 fékező, az alkalmazottaknak kereken 3%-a szabadulna fel.

A technikai tökéletesség magasabb foka mellett, a német birodalmi vasút forgalmának jóval nagyobb sűrűsége is hozzájárult ahhoz, hogy amíg 1913-ban a 18,600 km hosszú m. kir. államvasútak alkalmazottainak száma kocsitengelykm-teljesítményre vonatkoztatva  $\left(\frac{2.88}{2.40} = 1.2\right)$  20%-kal volt nagyobb, mint a német államvasútaké, addig a megcsonkított Magyarország államvasútján 1927/29-ban már 57%-kal nagyobb, mint 1927-ben a német birodalmi vasúton.

A II. táblázatból azonban az is kitűnik, hogy tengelykm-teljesítményre vonatkoztatva 1927-ben az osztrák szövetségi vas-



útakon a Máv.-éhoz viszonyítva  $\left(\frac{4.96}{4.27} = 1.14\right)$  14%-kal több az alkalmazottak száma annak ellenére, hogy a forgalom sűrűsége az osztrák szövetségi vasútakon nagyobb volt, mint a Máv.-on.

### Az utaskm és árútonnakm költsége.

Kétségtelen, hogy a vasúti üzem annál gazdaságosabb, minél kisebb *üzemi teljesítmény* szükséges ugyanazon *forgalmi teljesítmény* lebonyolításához, másszóval, minél kisebb kiadás szükséges ugyanazon bevétel eléréséhez.

E megfontolás alapján nyilvánvaló, hogy az *üzemi teljesítményre*, a bruttotkm-re, vonatkoztatott kiadásnál megfelelőbb mértéket kapunk a vasúti üzem gazdaságosságára, ha a bevételt hozó *forgalmi teljesítmény* egységére, tehát a személyforgalomban egy *utaskm*-re és az árúforgalomban egy *árútonnakm*-re eső kiadást, az úgynevezett *üzemi költséget*<sup>1</sup> számítjuk ki.

Az *üzemi költség* alkalmas mérték ugyanazon vasút üzemekezelésének különböző években, illetőleg különböző vasútakénak ugyanabban az évben való összehasonlítására.

Minden vasútra felettébb fontos, hogy üzemi költségét, illetőleg önköltségét ismerje. Az utóbbi az üzemi költségen kívül magában foglalja a vasúthba befektetett tőke amortizációját. Az önköltség, eltekintve attól, hogy a tarifamegállapításnak egyik fontos eleme, elsősorban a vasút belső hatásfokának ellenőrzésére alkalmas, mert kiszámítása során tűnik ki, hogy az üzem melyik munkafolyamatában dolgoznak kevésbé gazdaságosan és hogy minő intézkedéseket kell tenni a hatásfok javítására.

Az *utaskm*-re és az *árútonnakm*-re eső kiadás, másszóval az *üzemi költség* kiszámítása azonban nem egyszerű feladat. Amilyen egyszerűen állapítható meg a vasútak bevétele külön a személy- és külön az árúforgalomból, éppen olyan szövevényes a kiadásokat elosztani a kétféle forgalomra.

A vasúti üzem nagyszámú munkafolyamataiban vannak

<sup>1</sup> ZELOVICH KORNÉL: A vasútak üzemi költsége. Közgazdasági Szemle. 1923. okt.—nov.

olyanok, amelyek az összes forgalom érdekében történnek. Így pl. a vonalon ugyanazon a vágányon közlekednek a személy- és tehervonatok. Az előbbieket nagyobb sebességgel járnak, az utóbbiakban jóval nagyobb a tengelyszám és súlyosabbak. A pálya jókarban tartására fordított kiadások az összes, a személy- és áruforgalom biztos lebonyolítása érdekében vannak. Ezeket a kiadásokat, figyelembe véve a személy- és teherforgalmi teljesítményeket, nyilván csak bizonyos feltevésekkel lehet a személy- és áruforgalomra elosztani. Hasonló az eset még számos más munkafolyamatnál. A vasúti üzem részleteibe kell ilyesmódon behatolni, hogy a különböző munkafolyamatok kiadásait a személy- és áruforgalomra különböző osztó kulcsok segítségével szétoszthassuk.

Kétségtelenül egyszerűsödne a feladat, ha az *utaskm* és az *árutonnakm* költsége között általános érvényű törvényszerűséget lehetne megállapítani.

A *vasúti üzemi költsége* című 1923-ban megjelent tanulmányunkban<sup>1</sup> megállapítottuk másfél évtizedes, 1900-tól 1914/15-ig terjedő, időszakra, a m. kir. államvasutak évenkénti *utaskm* és *árutonnakm* költségét. A munka nagyságára következtethetünk, ha meggondoljuk, hogy az üzemi költségnek ennyi esztendőre való kiszámítása közel egy évtizedig tartott. Az irodalomban tudomásunk szerint nincs is második eset, ahol nagyobb vasútnak ennyi évre vonatkozó üzemi költsége kiszámítva, illetőleg publikálva lett volna.

Ennyi évi eredményből lehet törvényszerűséget levonni, amennyiben ilyen egyáltalán van.

Az *utaskm* költségét *u*-val, az *árutonnakm* költségét *a*-val jelölve megállapítottuk, hogy az  $\left(\frac{u}{a}\right)$  viszony 1900-tól 1913-ig 0.89 és 1.13 között változott és 14 évi átlagban 0.98, azaz közelítően  $u=a$ . Ez tehát annyit jelent, hogy a m. kir. államvasutakon az említett időszakban egy utasnak egy km-re szállítása közel ugyanakkora költséget okozott, mint egy tonna árúnak egy km-re továbbítása. Ezt a tételt eleve ismerve a kiadásoknak a

<sup>1</sup> Közgazdasági Szemle. 1923. okt.—nov.

személy- és árúforgalomra, egyébként szövevényes számításokat igénylő, elosztása igen egyszerű feladat lett volna.

Ugyanerre az eredményre jutott BAUM, ingenieur des ponts et chaussées, a volt osztrák-magyar államvasút vonalaira 1865-től 1873-ig, tehát kilenc esztendőre vonatkozó vizsgálataiban.<sup>1</sup>

Az *üzemi költségnek* az  $u=\dot{a}$  alapon történő kiszámítását éppen ezért NÖRDING a francia kules szerint való elosztásnak nevezi.

A német kutatók kimutatták, hogy a francia kules a német vasútakra nem alkalmazható. Egyébként az  $u=\dot{a}$  tétel a m. kir. államvasúton sem volt érvényes már 1914/15-ben, nemkülönben a világháború után sem. Így 1925/26-ban  $u=1.23\dot{a}$  és 1926/27-ben  $u=1.28\dot{a}$ . Ennek az oka elsősorban abban van, hogy az üzemi teljesítményekből úgy 1914/15-ben, mint a világháború után állandóan jóval nagyobb rész esett a személyforgalomra, mint a világháború előtt.

A nagyobb vasútak az *üzemi költséget* saját jól felfogott érdekükben bizonyára évről-évre megállapítják, de csak elvétve közlik. Ilyesmódon tehát nem mindig lehetséges a vasútak üzemekezelését az *üzemi költség* alapján összehasonlítani.

Fölmerül ennél fogva a kérdés, nem lehetne-e a rendelkezésünkre álló vasúti gazdasági statisztikai adatok alapján egyszerűbben kiszámítani a bevételt hozó forgalmi teljesítmény egységére eső kiadást.

### A haszontonnakm egységára.

Nyilván lényegesen egyszerűbb lesz a számítás, ha nem választjuk szét a személy- és az árúforgalmat, hanem az összes forgalomra vonatkozó hasznos forgalmi teljesítményre, a *haszontonnakm*-egységre eső kiadást számítjuk ki, hasonlóan, mint ahogy azt megállapítottuk az I. táblázatban a *bruttotonnakm* egységére.

A *haszontonnakm*-teljesítmény e szerint magában foglalja a személyforgalom hasznos tonnakm-teljesítményét (utaskm meg-

<sup>1</sup> Des prix de revient des transport par chemins de fer. Annales des ponts et chaussées 1875. 2. semester. 422. o.

szorozva egy utasnak kézipoggyásszal együtt átlagos súlyával, azaz 80 kg-mal) és az árutonnakm-teljesítményt.

Vizsgálatainkból kitűnik, hogy a haszontonnakm-egységére egyszerűen kiszámítható kiadás *bizonyos határok között* szintén alkalmas mérték ugyanazon vasút üzemkezelésének különböző években, illetőleg különböző vasútak üzemkezelésének ugyanabban az évben való összehasonlítására.

A III. táblázat tünteti föl az I. táblázatban felsorolt vasútakon a *haszontonnakm* egységére eső kiadást.

III. táblázat. *Egy haszontonnakm-re eső kiadás pengő fillérben:*

	1909	1926	1927	
M. kir. államvasútak:	5·178	8·575	7·93 ;	$\frac{7·93}{5·178} = 1·532$
Német birodalmi vasút:	4·853	7·646	7·623 ;	$\frac{7·623}{4·853} = 1·573$
Oszták szövetségi vasútak:	5·093	—	10·09 ;	$\frac{10·09}{5·093} = 1·980$
Duna-Száva-Adria vasút:	5·12	10·5	9·82 ;	$\frac{9·82}{5·12} = 1·920$

E szerint a haszontonnakm egységára úgy 1909-ben, mint 1927-ben a német birodalmi vasúton a legkisebb, utána következnek a m. kir. államvasútak, ahol a haszontonnakm egységára 1909-ben 6 %-kal, 1926/27-ben pedig 4·5 %-kal volt nagyobb.

A m. kir. államvasútkéhoz viszonyítva a haszontonnakm egységára 1909-ben a déli vasút magyar vonalain 1 %-kal, az oszták államvasútakon 2 %-kal *kisebb*, 1927-ben ellenben a Duna-Száva-Adria vasúton 23 %-kal, az oszták szövetségi vasútakon pedig 27 %-kal *nagyobb*.

A táblázatból kitűnik, hogy a világháború után a vasútak hasznóhajtó *forgalmi teljesítménye* is lényegesen megdrágult. Ez a drágulás azonban 1909-től 1927-ig, egyelőre eltekintve az oszták szövetségi vasútakra és a Duna-Száva-Adria vasútra vonatkozó eredménytől, amelyre később visszatérünk, úgy a német birodalmi vasúton, mint a m. kir. államvasútakon *kisebb*, mint az *üzemi teljesítmény* drágulása. (L. I. táblázatot.) Az utóbbinak a német birodalmi vasúton 72·8 %-os, a m. kir. államvasútakon

pedig 74·6%-os drágulásához viszonyítva a *forgalmi teljesítmény* drágulása 57·3%, illetőleg 53·2%.

Kétségtelen bizonyítéka ez a gazdaságos üzemre való törekvésnek, a tudományos üzemvezetésnek.

Ha ugyanis a forgalmi teljesítmény drágulása kisebb mértékű, mint az üzemié, az üzemi teljesítmény forgalmi tekintetben nyilván jobban van kihasználva, a haszontelhernek a holtteherhez való viszonya kedvezőbb és ilyen módon ugyanarra a forgalmi teljesítményre kevesebb üzemi teljesítmény szükséges.

A haszontonnakm egységárára a holttehernek igen nagy a befolyása.

A holtterhet a minimumra szorítani, a haszontelher és holtteher viszonyát maximumra hozni, egyik alapfeltétele a vasúti üzem gazdaságosságának.

A haszontonnakm egységárának megállapításával kapcsolatban tehát szükséges a haszon- és holtteher viszonyával is foglalkozni. Ennek a viszornak ismerete az üzemgazdaságossággal kapcsolatos olyan kérdésre is feleletet ad, amelyre előrebocsátott vizsgálatainkból közvetlenül még nem lehet következtetni.

### **A haszon- és holtteher viszonya az áruforgalomban.**

A vasúti szállításban a holtteher általában nagyobb, mint a haszontelher, az áruforgalomban azonban lényegesen kisebb mértékben, mint a személyforgalomban.

A vasúti statisztika évenként megadja a bruttotonnakm és haszontonnakm-teljesítményt. A kettő különbsége a holtteher-tonnakm-teljesítmény. Ha az utóbbit elosztjuk a haszontonnakm-ek számával, kapjuk az egy haszontonna továbbítására igénybevett holtteher nagyságát.

Az áruforgalomban egy haszontonnára eső holtteher-tonnának az évek folyamán való változását a IV. táblázat mutatja.

IV. táblázat. *A holtteher változása az áruforgalomban.*

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927 <sup>1</sup>	
M. kir. állam- vasútak:	2·041	2·85	1·97	1·55	1·49	1·28	1·20	1·088	1·11	1·054	$\frac{1·054}{2·041} = 0·52$
Német birodalmi vasút:	1·514	—	—	—	—	—	—	—	—	1·176	$\frac{1·176}{1·514} = 0·78$
Osztrák szövetségi vasútak:	1·501	—	—	—	—	—	—	—	—	1·280	$\frac{1·280}{1·501} = 0·85$
Duna-Száva- Adria vasút:	1·860	—	—	—	—	—	—	—	1·37	1·260	$\frac{1·260}{1·860} = 0·68$

E szerint a m. kir. államvasúton az áruforgalomban egy haszontonna továbbítására 1909-ben a holtteher  $\left(\frac{2·041}{1·514} = 1·35\right)$ ; 35 %-kal nagyobb, mint a német államvasúton,  $\left(\frac{2·041}{1·509} = 1·36\right)$ ; 36 %-kal nagyobb, mint az osztr. államvasúton és  $\left(\frac{2·041}{1·860} = 1·10\right)$ . 10 %-kal nagyobb, mint a déli vasút magyar vonalain.

Ezzel szemben 1926/27-ben fordítva, a m. kir. államvasúton kisebb a holtteher, mint akár a német birodalmi, akár az osztrák szövetségi s akár a Duna-Száva-Adria vasúton. 1927-ben ugyanis a német birodalmi vasúton  $\left(\frac{1·176}{1·054} = 1·11\right)$  11 %-kal, az osztrák szövetségi vasúton  $\left(\frac{1·280}{1·054} = 1·21\right)$  21 %-kal és a Duna-Száva-Adria vasúton  $\left(\frac{1·260}{1·054} = 1·195\right)$  19·5 %-kal nagyobb a holtteher, mint a m. kir. államvasúton 1926/27-ben.

A IV. táblázat adataiból kitűnik, hogy a m. kir. államvasúton 1918/19-től kezdve fokozatosan csökken a holtteher és 1926/27-ben már csak 52 %-a az 1909 évinek. Lényegesen kisebb mértékű a csökkenés a többi vasúton. 1927-ben a holtteher a német birodalmi vasúton 78 %-a, az osztrák szövetségi vas-

<sup>1</sup> A m. kir. államvasúton az 1919. évnek az 1918/19. stb., az 1927. évnek az 1926/27. számadási év felel meg. Ez a megjegyzés vonatkozik a IX. és XI. táblázatra is.

útakon 85 %-a, a Duna-Száva-Adria vasúton pedig 68 %-a az 1909 évinek.

A m. kir. államvasúton elért ez az öröndetes eredmény annál is inkább figyelemre méltó, mert egyrésről a többi felsorolt vasúton a nagyobb rakodóképességű teherkocsik megrakhatásának nincsenek olyan korlátozásai, mint a Máv. üzemében levő vicinális vasútak nagy részén, másrésről a m. kir. államvasúton a nagyobb mértékben egyirányú forgalom következtében az üres kocsik forgalma, amint a VI. táblázatból kitűnik, aránylag nagyobb, mint akár a német birodalmi vasúton, akár az osztrák szövetségi vasúton; a Duna-Száva-Adria vasút pedig csupán fővonalakból áll, míg a Máv. hálózatának nagyobb része vicinális vasút.

Ilyen körülmények között fokozottabb mértékben érdekel bennünket megállapítani azokat az intézkedéseket, illetőleg okokat, amelyek ezt az elismerésre méltó eredményt előidézték.

Keressük tehát: milyen tényezők játszottak közre a holttehernek említett nagymértékű csökkentésére.

### A teherkocsik rakodóképességének növelése.

Természetes, hogy az üzem gazdaságossága érdekében a vasútak törekedtek az áruforgalomban a holtteher csökkentésére. Erre nyilván hathatós eszköz nagyobb rakodóképességű kocsik járatása, feltéve, hogy teherbírásuk határáig megrakhatók.

A nagyobb teherbírású kocsiknál ugyanis a rakodósúlynak a saját súlyhoz való viszonya kedvezőbb, ennél fogva, ha kellően kihasználtnak, a haszonterhelés továbbítása kisebb holtteherrel jár.

A m. kir. államvasúton féknélküli nyitott 10 t-ás kocsiknál a rakodósúly átlagosan  $\left(\frac{10 \cdot 0^t}{5 \cdot 46^t} = 1 \cdot 83\right)$  83 %-kal, 15 t-ás kocsiknál  $\left(\frac{15 \cdot 0^t}{6 \cdot 46^t} = 2 \cdot 32\right)$  132 %-kal és 20 t-ás kocsiknál  $\left(\frac{20 \cdot 0^t}{7 \cdot 27^t} = 2 \cdot 75\right)$  175 %-kal nagyobb, mint az átlagos saját súly.

A teherkocsik rakodóképességének növelésében az idők folyamán a m. kir. államvasútnál nagy a javulás, főképpen 1913 óta, amikor az első 20 tonnás kocsikat szerzik be, ezzel

szemben a déli vasút, mindaddig, míg közös vasút volt, nagyobb rakodóképességű teherkocsik beszerzését nem tartotta fontosnak.

A közös déli vasút nézetünk szerint helytelen üzemgazdasági politikát követett, amikor kocsiszükségletét kölcsönkocsikkal fődözte. Ez az eljárás talán akkor olcsóbbnak látszott, mint új nagyobb rakodóképességű kocsik beszerzése, arra azonban nem gondoltak, hogy a régebbi típusú kocsik járatásával majd mennyivel nagyobb holtterhet kell vontatni s emélfogva az üzemi költség nagyobbodik.

Így történt azután, hogy a déli vasút magyar vonalain 20 esztendő óta teherkocsit egyáltalán nem szerzett be. Az eredmény, hogy ma a Duna-Száva-Adria vasút teherkocsiparkjának csupán 30%-a, míg a Máv. teherkocsiparkjának több mint 80%-a tíz tonnánál nagyobb rakodóképességű.

Érthető tehát, hogy a Duna-Száva-Adria vasúton az áruforgalomban ma a holtteher, amint a IV. táblázat mutatta, jóval nagyobb, mint a m. kir. államvasúton és hogy 1909-től 1927-ig a haszontonnakm egységára (III. táblázat) nagyobb mértékben, 92%-kal, növekedett, mint a bruttotonnakm-é, amelynél a növekedés 62·5%.

A nagyobb rakodóképességű teherkocsik hiánya a Duna-Száva-Adria vasútnak a gazdaságos üzemre való törekvését nyilván nagy mértékben megnehezíti.

A teherkocsiparkra vonatkozó említett adatok egyébként meggyőzően mutatják, hogy az üzemnek minél gazdaságosabbá tételére, tehát az üzem racionalizálására az államvasúti rendszer mennyivel körültekintőbben járt el, mint a nagy magánvasút, a közös déli vasút.

### A teherkocsik rakodósúlyának a saját súlyhoz való viszonya.

Vizsgáljuk meg, miképpen változott a teherkocsik rakodósúlyának a saját súlyhoz való viszonya 1909 óta a m. kir. államvasúton és a német vasúton.

Az erre vonatkozó adatokat az V. táblázat foglalja magában:



V. táblázat. *A teherkocsik átlagos saját súlya és rakodósúlya.*

		A földött teher- kocsik átlagos saját rakodó- súlya t-ban	A rakodó- súly vi- szonya a saját súlyhoz	A nyitott teher- kocsik átlagos saját rakodó- súlya t-ban	A rakodó- súly vi- szonya a saját súlyhoz
M. kir. állam- vasútak :	1909	7·35	11·86	6·36	13·02
	1927/28	7·94	13·70	6·93	16·60
Német bi- rodalmi vasút:	1909	8·94	13·51	7·49	13·92
	1927	10·46	14·78	8·735	17·14
Osztrák szövetségi vasútak :	1927	7·619	12·04	7·551	11·95
			1·580		1·58

Ezen adatok szerint a m. kir. államvasúton 1909-től 1927/28-ig a *földött* kocsik saját súlya  $\left(\frac{7·94}{7·35} = 1·08\right)$  8%-kal, rakodó súlya  $\left(\frac{13·70}{11·86} = 1·155\right)$  15·5%-kal, a *nyitott* kocsik saját súlya  $\left(\frac{6·93}{6·36} = 1·09\right)$  9%-kal, rakodósúlya  $\left(\frac{16·60}{13·02} = 1·27\right)$  27%-kal növekedett. A rakodósúly növekedése tehát jóval nagyobb mértékű, mint a saját súlyé. A rakodósúlynak a saját súlyhoz való viszonya *földött* kocsiknál  $\left(\frac{1·730}{1·610} = 1·070\right)$  7·0%-kal, *nyitott* kocsiknál pedig  $\left(\frac{2·39}{2·04} = 1·17\right)$  17%-kal növekedett.

Ezzel szemben a német birodalmi vasúton 1909-től 1927-ig a rakodósúlynak a saját súlyhoz való viszonya *földött* kocsiknál  $\left(\frac{1·412}{1·510} = 0·94\right)$  6%-kal csökkent, míg a *nyitott* kocsiké  $\left(\frac{1·96}{1·86} = 1·05\right)$  5%-kal nőtt. A rakodóképesség ugyan *földött* kocsiknál  $\left(\frac{14·78}{13·51} = 1·09\right)$  9%-kal és *nyitott* kocsiknál  $\left(\frac{17·14}{13·92} = 1·23\right)$  23%-kal nagyobbodott, a saját súly azonban *földött* kocsiknál nagyobb mértékben  $\left(\frac{10·46}{8·94} = 1·17\right)$  17%-kal, *nyitott* kocsiknál viszont kisebb arányban  $\left(\frac{8·735}{7·49} = 1·165\right)$  16·5%-kal nőtt, mint a rakodósúly.

Annak a kedvező jelenségnek az okát, mely szerint a m. kir. államvasúton az áruforgalomban a holtteher 1909 óta lényegesen nagyobb mértékben csökkent, mint a német vasúton, részben abban a körülményben találjuk meg, hogy a m. kir.

államvasútakon a teherkocsik rakodósúlyának a saját súlyához való viszonya kedvezőbb, mint a német vasútakon, noha ezeknek nagyobb férőképeségű kocsijaik is vannak, hiszen újabban 60 tonnás kocsikat szereznek be.

Látni tehát, hogy a gazdaságos üzemre való törekvésben nem csupán a rakodósúlynak, hanem a rakodó- és saját súlyviszonyának növelése is fontos.

A teherkocsik rakodóképessége és a rakodósúlynak a saját súlyhoz való viszonya a m. kir. államvasútakéhoz viszonyítva, valamint általában is igen kedvezőtlen az osztrák szövetségi vasútakon. 1927-ben a *födött* teherkocsik átlagos súlya 7·619<sup>t</sup>, átlagos rakodósúlya 12·04<sup>t</sup>, a rakodósúlynak a saját súlyhoz való viszonya 1·58, a *nyitott* kocsiknál pedig sorban: 7·551<sup>t</sup>, 11·95<sup>t</sup> és 1·58<sup>t</sup>. A Máv.-on a *födött* kocsik átlagos rakodósúlya e szerint  $\left( \begin{smallmatrix} 13·70 \\ 12·04 \end{smallmatrix} : 1·14 \right)$  14%-kal, a *nyitottaké* pedig  $\left( \begin{smallmatrix} 16·60 \\ 11·95 \end{smallmatrix} : 1·385 \right)$  38·5%-kal nagyobb. Nyilván ez a körülmény is hozzájárul ahhoz, hogy az osztrák szövetségi vasútakon az áruforgalomban aránylag nagy a holtteher és a magas haszontonna-km egységára.

### A teherkocsiknak kihasználása.

A holtteher csökkentésében igen fontos tényező a kocsiknak kihasználása.

A teherkocsiknak saját súlya kisebb, mint a rakodósúlya. Ha tehát a teherkocsikat rakodóképességüknek határáig mindig ki lehetne használni, a holtteher jóval kisebb lenne, mint a haszonteher.

Ilyen ideális forgalmi viszony azonban egyetlenegy vasúton sincs. Hiszen a rakodóképesség határáig megrakott szeneskocsik kihasználása is rendszeren a rakodósúlynak csupán 50%-a, mert a bányákba üres kocsikat kell küldeni, abban az irányban tehát csak holtteher van.

A m. kir. államvasútakon a teher- és poggyászkocsik kihasználása

1909-ben a rakodósúlynak	.....	37·07 %-a,
1927-28-ban a	“ .....	44·40 %-a.

A viszonylagos növekedés  $\left( \frac{44.4}{37.07} - 1.195 \right) 19.5\%$ .

A német vasúton a teher- és poggyászkocsik kihasználása

1909-ben a rakodósúlynak ————— 42.08%-a volt.

1927-ben a       "       ————— 46.0%-a.

A viszonylagos növekedés  $\left( \frac{46.0}{42.08} - 1.09 \right) 9\%$ , tehát még félakkora arányú sem, mint a Máv.-on.

A m. kir. államvasúton e szerint az áruforgalomban a holtteher nagymértékű csökkenése a rakodósúlynak a saját súlyhoz való kedvező viszonya mellett a teherkocsik jobb kihasználásával is összefügg. Az erre irányuló törekvést hathatósan mozdította elő a m. kir. államvasútnak a kocsirakományú árukra vonatkozó díjszabása, mely a nagy rakodóképesség kihasználását azzal jutalmazza, hogy a tarifatételt alacsonyabbra állapítja meg.

Az elért eredmény mérlegelésekor viszont nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a kihasználás szempontjából kedvezőtlen körülményt sem, hogy a Máv. nagyobb rakodóképességű kocsijai, a rakott 15 tonnás és a rakott 20 tonnás kocsik, rendes nyomtávú helyiérdekű vasútaink nagy részén a felépítmény gyenge volta miatt korlátozás nélkül nem mehetnek át. Ilyen vonalakon a nagyobb rakodóképesség kihasználása tehát akadályokba ütközik.

A 7257 km üzleti hosszúságú államvasúti hálózathól 4080 km, tehát több mint 56%, helyiérdekű vasúti vonal. Ennek a vonalhálózathoz 42%-án, 1713 km-hosszban, a felépítmény 4.5<sup>t</sup>, illetőleg 5.0<sup>t</sup> sztatikai keréknyomásnak felel meg. Ezzel szemben a 15<sup>t</sup> rakodóképességű kocsiknál teljes terhelés esetén a sztatikai keréksúly 5.5, a 20 tonnás kocsiknál pedig 6.84<sup>t</sup>.

Ha tehát a kedvezőtlen viszony ellenére is a m. kir. államvasúton a holtteher, amint ismertettük, az évek folyamán nagy mértékben csökkent, nyilvánvaló, hogy az elért öröndetes eredmény a gazdaságos üzemre való következetes lankadatlan törekvésnek gyümölcse.

### A forgalmi viszonyok hatása.

A holtteher nagyságára nyilván jelentékeny befolyással vannak a forgalmi viszonyok is.

A m. kir. államvasúton a teherkocsik rakodóképességének kihasználását, másszóval a holtteher csökkentését, a forgalmi viszonyok részben hátráltatják, részben az idők folyamán előmozdítják.

Nem lehet a teherkocsik rakodóképességét kihasználni, ha az árúk elszállítása céljából nagyobb távolságokról kell üres kocsikat küldeni, mert arrafelé nincs szállítandó árú. Az áruért menet tehát a kocsi rakodóképessége teljesen kihasználatlan. Az ilyen *eggyirányú* forgalom e szerint rontja a teherkocsi rakodóképességének kihasználását. Sajnos, ilyen forgalmi viszonyok vannak hazánkban.

*Egyirányú* forgalom esetén a teherkocsitengelykm-teljesítményből nyilván tekintélyes rész esik az üres kocsikra. E tekintetben a helyzet, amint a VI. táblázatból kitűnik, kedvezőtlenebb a m. kir. államvasúton, mint a német birodalmi vasúton vagy az osztrák szövetségi vasúton.

VI. táblázat. *Az üres és rakott teherkocsitengelykm viszonya.*

	1909	1925/26	1926/27	1927/28	
M. kir. állam-	33·82%	35·7%	35·4%	34·3%	üres kocsitengelykm
vasútak :	66·18%	64·3%	64·6%	65·7%	rakott „
			1926	1927	
Német biro-	30·0%	—	29·41%	27·2%	üres kocsitengelykm
dalmi vasút :	70·0%		70·59%	72·8%	rakott „
Osztrák					
szövetségi	—	—	34·3%	33·1%	üres „
vasútak :			65·7%	66·9%	rakott „

A megcsonkított Magyarország államvasútján annak ellenére, hogy a gazdaságos üzemre való törekvésben az üres teherkocsitengelykm-teljesítmény fokozatosan csökken, még 1927/28-ban az üres kocsitengelykm kvótája  $\left( \frac{34·3}{33·82} = 1·015 \right)$  1·5%-kal nagyobb, mint az integer Magyarország államvasútján volt.

A német birodalmi vasúton 1927-ben 1909-hez viszonyítva, az üres teherkocsitengelykm-teljesítményben  $\left(\frac{30.0}{27.2} = 1.10\right)$  a viszonylagos csökkenés 10%.

Az előrebocsátottakból kitűnik, hogy a vasúti tudományos technika a holtteher csökkentésére adott útmutatást és módot, az egyirányú forgalom megszüntetésére azonban nyilván nincs befolyása.

Hogy a kedvező forgalmi viszonyok mily mértékben csökkenthetik a holtterhet, arra legjellemzőbb példát Anglia vasútjai nyújtanak.

Az angol vasúton a teherkocsik rakodósúlyának a saját súlyhoz való viszonya kedvezőtlenebb, mint az európai kontinens vasútain. A teherkocsik jelentős része 8<sup>t</sup>, sőt még ennél is kisebb rakodóképességű. Mostanában foglalkoznak azzal a tervvel, hogy ezeket a kis teherbírású kocsikat 12<sup>t</sup> rakodóképességű kocsikkal cseréljék ki, minthogy Anglia szénbányáinak mai felszerelése nagyobb rakodóképességű kocsik használatát nem teszi lehetővé. A jelenlegi négy angol vasúttársaságnak 1926-ban 711,524 teherkocsijából kereken 900-nak volt 20 tonnánál nagyobb rakodóképessége.<sup>1</sup>

Természetes, hogy a kis teherbírású angol teherkocsiknál a holt súly a rakott koci összes súlyának nagyobb százalékát teszi ki, mint az európai kontinensen sikerrel alkalmazott nagy rakodóképességű teherkocsiknál.

Ezzel szemben az angol vasúton kedvezőbbek a forgalmi viszonyok. A nagymértékű tömegáruforgalom legnagyobb része kőszén és érc.

Ez a forgalom állandó. A vonatok összeállítása és kezelése egyszerű. A teherkocsik rakodóképességének kihasználása igen jó.

Ezeknek a kedvező forgalmi viszonyoknak köszönhetik az angol vasútak, hogy már e század első évtizedében, amikor az európai kontinensen a tehervonatok hasznos terhelése alig érte

<sup>1</sup> Zeitschrift des internationalen Eisenbahnverbandes 1928. No. 7. 260. o.

el a 40%-ot, tehát a holtteher 60% körül volt, az angol vasúton a tehervonatok haszonterhelése volt 60% és a holt súly volt 40%,<sup>1</sup> azaz éppen fordítva, mint az európai kontinens vasútain.

Az angol vasútak bizonyítják legjellemzőbben, hogy a gazdaságos üzem szempontjából a kedvező forgalmi viszonyoknak igen nagy a jelentősége.

### A nyitott és fődött teherkocsik viszonya.

A m. kir. államvasúton a holttehernek a teherforgalomban tapasztalt nagymértékű csökkenése nyilván összefügg a tömeg-áruforgalomnak az évek során megnyilvánult növekedésével.

Érdekesen mutatja ezt a folyamatot a nyitott és fődött teherkocsik viszonyának változása.

#### VII. táblázat. *A nyitott és fődött teherkocsik viszonya.*

	1895	1900	1909	1924/25	1927/28
M. kir. állam- vasútak:	0.8	0.85	0.93	1.55	1.635; $\frac{1.635}{0.8} = 2.04$
				1925	1927
Német birodalmi vasút:	2.18	3.34	2.34	1.88	1.925; $\frac{1.925}{2.18} = 0.884$
Osztrák szövetségi vasútak:	—	—	—	—	1.325

A nyitott és fődött kocsik viszonya, kapcsolatban a tömeg-áruforgalom fejlődésével a m. kir. államvasúton, amint a VII. táblázatból kitűnik, 1895-től kezdve folytonosan nőtt és 1927/28-ban 104%-kal nagyobb mint 1895-ben. Ebben a vonatkozásban e szerint a forgalmi viszonyok is előmozdították a holtteher csökkenését.

Maga a viszonzszám a m. kir. államvasúton 1927/28-ban kisebb, mint a német birodalmi vasúton 1927-ben, de nagyobb, mint ugyanebben az évben az osztrák szövetségi vasúton.

<sup>1</sup> FRAHM: Das englische Eisenbahnwesen.

E viszonyszám vizsgálatakor természetesen figyelembe kell venni azt is, hogy a *nyitott* kocsik rakodóképessége nagyobb mértékben növekedett, mint a *födöttéké*. Az említett időszakban ugyanis a *födött* kocsik rakodóképessége a német birodalmi vasúton 37%-kal, a m. kir. államvasúton 30%-kal, a *nyitott* kocsi pedig a német birodalmi vasúton 47%-kal és a m. kir. államvasúton 46%-kal növekedett.

### A darabárús kocsik forgalma.

Fentebb kimutattuk (IV. táblázat), hogy a m. kir. államvasúton az áruforgalomban egy haszontonna továbbítására 1926/27-ben 1'054' holtteher vontatása volt szükséges. Ez a holtteher 1927/28-ban 1'11 tonnára, tehát 5'0%-kal nagyobbodott. A jelenség okait kutatva itt is kitűnt, hogy ezt a növekedést elsősorban a forgalmi viszonyok változása idézte elő.

A darabárús kocsik forgalma ugyanis az előző évi 306,916 kocsi-<sup>1</sup>ről 1927/8-ban 349,211 kocsi-<sup>2</sup>ra, azaz majdnem 14%-kal növekedett. A darabárús kocsik kihasználása pedig lényegesen kisebb, mint a tömegárut szállítóké.

A darabárú súlyá- egyébként az összes szállított áruk súlyához viszonyítva igen csekély.

A m. kir. államvasúton 1925/26-ban a 24'9 millió t. szállított áruból 937,000<sup>3</sup> t., azaz 3'8%, 1926/27-ben pedig a 29 millió t. összes szállított áruból 1.035,000<sup>4</sup> t., azaz 3'6% volt darabárú.

A német birodalmi vasúton 1927-ben a díjköteles 442 millió t. összes szállított áruból a darabárú 16'85 millió t., azaz 3'6% volt.

Sokkal nagyobb arányú a darabárúforgalom lebonyolítására igénybe vett üzemi teljesítmény.

A darabárús kocsik átlagos haszonterhelése a német birodalmi vasúton 1'8<sup>5</sup> t., a kocsi-<sup>6</sup>kományú áruké pedig kereken 15<sup>7</sup> t. A darabárú szállításakor tehát az üzem ugyanarra a haszontonnakm-teljesítményre több mint nyolcszor annyi kocsi-<sup>8</sup>t és 3'6-szor annyi bruttó tonnát kénytelen mozgatni, mint a kocsi-<sup>9</sup>kományú áruk továbbításakor.<sup>1</sup> Hasonlók a viszonyok a tekin-

<sup>1</sup> LEIBBRAND: Aufgaben des Eisenbahnbetriebes. - Die Reichsbahn 1929. No. 2.

tetben a m. kir. államvasúton is. A német birodalmi vasúton 1928. év őszén a kocsiforduló megállapítása céljából megfigyelés alá vont egy napi feladásból, azaz 140,641 kocsiból 51,292 kocsi, tehát 36·4% szolgált darabárú szállítására;<sup>1</sup> a m. kir. államvasúton az 1928. naptári évben feladásra került összes kocsik 20·6%-a darabárús kocsi volt.

1926 május 15-éig a Máv.-on darabárúval rakott kocsit a feladó állomás akkor indíthatott, ha egyirányú vagy rendeltetésű darabárúküldemények oly mennyiségben kerültek feladásra, hogy azok súlya *gyorsárúknál* legalább 1500 kg, *teherárúknál* pedig legalább 3000 kg volt. Az említett időponttól kezdve azonban a gyorsabb továbbítás érdekében, valamint az automobilverseny miatt is, a minimális súlyhatárt teherdarabárúknál 3000 kg-ról 2000 kg-ra kellett leszállítani.

A vonalgyűjtőkocsik pedig — ezekkel bonyolítják le a darabárúforgalomnak mintegy negyedrészt — a legtöbb esetben még 2000 kg-ig sincsenek kihasználva, mert ilyen vonalgyűjtő kocsikat az illetékes indító állomások meghatározott vonatokban még akkor is indítani tartoznak, ha az indító állomáson esetleg áruhiány miatt darabárú nincs is benne.

Nyilvánvaló e szerint, hogy a darabárúforgalom növekedése holttehernagyobbodást, tehát vonóerőtöbbletet jelent. Csupán az üzemi költségek szempontjából is megokolt ennél fogva a darabárúk magasabb tarifája.

A darabáruszállítás kétségtelenül a vasúti üzemnek az az ága, amely az üzem gazdaságossága szempontjából nagy gondot okoz, minthogy éppen ebben a forgalomban nyilvánul meg az automobil versenye.

★

A m. kir. államvasúton 1927/28-ban az árúforgalomban a holt súlyt nyilván kedvezőtlenül befolyásolta az a körülmény is, hogy a 15 t-ás kocsikra érvényes alacsonyabb tarifákat több viszonylatban ki kellett terjeszteni a 10 t-ás kocsikra is. Ennek

<sup>1</sup> TECKLEBURG: Die Güterwagenumlaufermittlung. Zeitung des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1929. No. 6.



következtében a kisebb rakodóképességű kocsik forgalma növekedett s így természetesen a holt súly is nagyobbodott, minthogy a 10 t-ás kocsiknál az önsúly és rakodósúly közötti arány jóval kedvezőtlenebb, mint a 15 t-ás kocsiknál.

A m. kir. államvasútak részéről az említett tarifaleszállítás nagy áldozat volt, minthogy ennek következtében nemcsak bevételük csökkent, hanem a nagyobb holtteher következtében üzemi kiadásuk is nagyobbodott.

Mindezekből látni, hogy az árúforgalomban a holtteher nagyságára a vasúti üzem szövevényes volta következtében többféle tényező lehet és van befolyással és hogy amint a m. kir. államvasútak példája is mutatja, számottevő eredményt lehet elérni a nagyobb rakodóképességű kocsik alkalmazása és jó kihasználása, valamint a céltudatos centrális kocsintézés által.

### A haszon- és holtteher viszonya a személyforgalomban.

A személyforgalomban az árúforgalomhoz képest a holtteher lényegesen nagyobb.

A m. kir. államvasútakon 1926/27-ben az áruszállítás céljából (IV. táblázat) 1·054-szeres holtterhet kellett vontatni, az utas- és poggyászszállításkor viszont (IX. táblázat) majdnem 23-szorosát. Egy-egy utasra e szerint átlagban személyenkint 80 kg súlyt számítva, 1·84<sup>t</sup> holt súly esett. A személyforgalomban az árúforgalomhoz viszonyítva 1926/27-ben a holt súly  $\left( \frac{22·93}{1·054} \quad 21·75 \right)$  több mint 21-szeres, a vontatott súlynak csak 4·18%-a haszontéher és 95·82%-a holtteher.

A holttehernek a személyforgalomban ez a rendkívüli nagy volta abban találja magyarázatát, hogy a vasúti technika fejlődésével általában törekedtek az utazást kényelmesebbé tenni.

Az első közforgalmú vasútak alapítása idejében Angliában a személyszállító postakocsikon kétféle hely volt. Az utas bemehetett a kocsi belsejébe, vagy fölmászhatott a födélzetre. Az utóbbi esetben fél áron utazott, de még mindig háromszor annyit fizetett, mint az első vasútakon. Kényelemről persze alig

lehetett szó. A fődélzeten nem volt ülőhely. Az utas vagy végigfeküdt rajta, ha volt elegendő hely és ügyelt arra, hogy le ne guruljon, vagy a kocsifödél szélére ült s a lábát lelógatta.

Az első vasúton, a maihoz viszonyítva, még az utazás nem volt kényelmesnek mondható. A konzervatív angolok ugyanis a vasúti személykocsik kialakításában is utánózták a póstai rendszert.

Az angol vasúton is, mint a póstakocsiban, kétféle helyet rendszeresítettek. Az utas ugyanis kétféle kocsiban, I. és III. osztályúban utazhatott. Minthogy azonban a póstakocsi tetején utazó fölött nem volt fődél, a III. osztályú vasúti kocsikat sem látták el fődéllel.

Az első angol vasúton e szerint, a szokás hatalmánál fogva, a III. osztályú utasoknak nem volt joguk fölött kocsiban utazni. A múlt század hatvanas éveiben sikerült csak ezt a jogot az angol parlamentben kivívniok. Ilyen viszonyok között természetesen az utasok szállítása még nem járt nagy holtteherrel.

Csakhamar azonban sorra kerülnek és pedig elsősorban az angol vasúton, a kényelmet nyújtó berendezések.

A vasúti utazás kényelme szempontjából nagy haladás volt, amikor 1874-ben az angol Midland-vasút bevezette a forgó alvázat, a truck-os kocsit, a mai Pullmann-kocsi előfutárját. Ezt a nyugodt járást s főképpen a gyorsvonati forgalomban kiváló kocsit igen megkedvelték, úgyhogy rövid idő alatt az egész világon elterjedt.

Angliában már 1892 óta közlekednek átjárható folyosós vonatok. A kocsik közötti áthidaló lemezek és soufflé-k alkalmazása lehetővé teszi a szabad közlekedést az egész vonaton át. Ezek a berendezések, valamint az étkező- és hálókocsik járatása, a kocsik belső helyiségeinek jobb kialakítása, mosdók, klozettek, oldalfolyosók alkalmazása a vasúti utazás kényelmét tetemesen fokozták, de egyszersmind a holttehernek nagymértékű növekedését vonták maguk után.

Hatvan esztendővel ezelőtt Londonból Glasgowba 200 III. osztályú utast négy kocsiban szállítottak és a négy személykocsi meg a biztonsági kalauzkocsi súlya volt 50<sup>t</sup>, tehát egy utasra,

illetőleg ülőhelyre 250 kg holtteher jutott. Ma erre a célra hat hosszátjárátú kocsí, egy étkező<sup>1</sup> és egy kalauzkocsi szükséges. Ennek a vonatszerelvénynek súlya meghaladja a 200 t-át, tehát az egy utasra, illetőleg ülőhelyre eső holtteher négyszer nagyobb, azaz 1000 kg lett.<sup>2</sup> Legtöbbször nincs is a kocsiknak összes ülőhelye elfoglalva, úgyhogy nem meglepő, ha, amint fentebb említettük, a vasútak a személyforgalomban több mint hússzor akkora holtterhet vontatnak, mint amekkora az utasok és kézi poggyászaik súlya.

Nyilvánvaló, hogy a különböző kocsiosztályokban az egy ülőhelyre eső holtteher nem egyenlő. E tekintetben a VIII. táblázat nyújt tájékoztatást.

VIII. táblázat. *Egy ülőhelyre eső átlagos holtteher a m. kir. államvasútakon.*

Gyorsvonati	kocsik	I. osztályában	993 kg
«	«	II.	« 830 «
«	«	III.	« 493 «
Személyvonati	«	I.	« 855 «
«	«	II.	« 496 «
«	«	III.	« 303 «

A kényelem fokozása következtében aránytalanul megnövekedett holtteher, amellyel a személytarifa emelkedése nem tartott lépést, egyik főoka, hogy a nagy vasútak a személyforgalomra általában ráfizetnek és az áruforgalomból élnek.

A személyforgalom javai, az utasok ugyanis követelődőbbek a vasúttal szemben, mint az árúk. Ezek a nemes javak a vasúton barátságos tartózkodási helyet szeretnek találni. Nem akarják tudni, hogy a személyforgalomból nincs jövedelme a vasútnak s hogy ilyen módon tulajdonképpen szerényebben kellene fellépniök a vasúttal szemben.<sup>3</sup> A vasútnak nem is

<sup>1</sup> Angliában a személyvonatokban már régóta vannak III. o. utasok szűnőára étkezőkocsik.

<sup>2</sup> FRAHM: Das englische Eisenbahnwesen. 285. o.

<sup>3</sup> ARTHUR FÜRST: Die Welt auf Schienen.

marad más hátra, mint kívánságait nobile officiumként teljesíteni.

A tudományos technikának sikerült az idők folyamán a vonóerőt lényegesen olcsóbbá tenni, de az üzemi költséget nem volt képes abban a mértékben csökkenteni, amilyen mértékben az a vasúti személyforgalomban a holtteher és a sebesség növekedése következtében nagyobbodott.

A személyforgalomban egy haszontonnára eső holttehernek az évek folyamán való változását a IX. táblázat tünteti föl.

IX. táblázat. *A holtteher változása a személyforgalomban.*

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	
M. kir. állam-											
vasútak:	23·65t	17·3	8·95	14·7	17·25	18·4	20·1	19·77	21·7	22·93t	$\frac{22·93}{23·65} = 0·970$
Német											
birodalmi											
vasút	18·45t	—	—	—	10·62	10·10	14·40	—	—	18·7 t	$\frac{18·7}{18·45} = 1·015$
Osztrák											
szövetségi											
vasútak:	17·75t	—	—	—	—	—	—	—	—	18·1t	$\frac{18·1}{17·75} = 1·025$
Duna-Száva-											
Adria											
vasút:	15·25t	—	—	—	—	—	—	—	26·9	22·4t	$\frac{22·4}{15·25} = 1·47$

A táblázat adataiból következik, hogy 1909-hez viszonyítva a személyforgalomban egyedül a Máv.-on kisebbedett a holtteher. 1909-ben 4·06 % volt a haszontteher és 95·94 % a holtteher, míg 1926/27-ben 4·18 % a haszontteher és 95·82 % a holtteher.

A holtteher *csökkenése* az 1909 évihez viszonyítva kerekén 3 %.

A német államvasúton: 1909-ben 5·14 % volt a haszontteher és 94·86 % a holtteher, a német birodalmi vasúton pedig: 1927-ben 5·00 volt a haszontteher és 95 % a holtteher, az utóbbi *növekedése* tehát az 1909 évihez viszonyítva 1·5 %.

Az osztrák szövetségi vasúton 1927-ben aránylag kicsiny a holtteher, de 1909-hez képest 2·5 %-os *növekedés* mutatkozik. Sokkal nagyobb mértékű a holtteher *növekedése* a Duna-Száva-Adria vasúton, ahol 1926-ban 76 %-kal, 1927-ben pedig 47 %-kal

kedvezőtlenebb az eredmény, mint 1909-ben a déli vasút magyar vonalain, amikor a felsorolt vasútak közül ennél volt a legkisebb holtteher.

A IX. táblázatból kitűnik továbbá, hogy a személyforgalomban a m. kir. államvasútakon 1926/27-ben a holtteher  $\left(\frac{22.93}{18.70} = 1.23\right)$  23 %-kal nagyobb, mint a német birodalmi vasúton és  $\left(\frac{22.93}{18.10} = 1.27\right)$  27 %-kal nagyobb, mint az osztrák szövetségi vasútakon 1927-ben.

### Az utaskm-teljesítmény eloszlása.

A személyforgalomban a m. kir. államvasútnak, valamint a Duna-Száva-Adria vasútnak aránylag nagy holtterhe elsősorban annak a következménye, hogy utaskm-teljesítményből hazánkban jóval nagyobb rész esik az I. és II. osztályúakra, mint a német vasútakon. Természetes tehát, hogy a személykocsikban az I. és II. o. ülőhelyek száma nálunk aránylag nagy és így személyszállító vonataink már ebből az okból is jóval nagyobb holtteherrel járnak.

Az utaskm-teljesítményből 1909-ben a német vasút-egyleti vasútakon átlagban 1.41 % jutott I. osztályú és 12.12 % II. osztályú utasokra, a megfelelő százalék volt ugyanebben az évben a m. kir. államvasútak saját vonalain 3.39 % és 27.47 %. E szerint az utaskm-teljesítményből az I. o. utasokra eső kontingens a Máv. saját vonalain az egyleti vasutak átlagához képest 2.35-szörös, az akkori *württembergi* kir. államvasútakéhoz képest 5.75-szörös, a *szász* kir. államvasútakéhoz képest pedig 6.4-szeres volt.

Hasonló volt a viszony a II. o. utasokra eső kontingensben.

Érthető tehát, hogy 1909-ben a személykocsik ülőhelyeiből a német vasútakon 2.12 % volt I. osztályú és 15.4 % volt I. és II. osztályú, míg ugyanekkor a Máv.-on 6.23 % volt I. osztályú és 27.8 % volt I. és II. osztályú.

A világháború után e tekintetben a viszonyok alakulását a X. táblázat tünteti fel.

X. táblázat. *Az utaskm-teljesítmény eloszlása a különböző osztályokra.*

A m. kir. államvasúton:

	1918/19	1921/22	1923/24	1925/26	1926/27
I. osztályra:	2·51%	1·86	1·28	1·00	0·89%
II. „	26·89%	14·22	11·91	16·37	16·11%
I. és II. „	29·40%	16·08	13·19	17·37	17·00%
III. „	70·60%	83·92	86·81	82·63	83·00%

A német vasúton:

	1922	1924	1926	1927
I. osztályra:	0·86%	0·32	0·39	0·42%
II. „	9·24%	8·32	6·39	5·94%
I. és II. „	10·10%	8·64	6·78	6·36%
III. „	34·39%	37·59	33·25	31·45%
IV. „	55·51%	53·77	59·97	62·19%
III. és IV. „	89·90%	91·36	93·22	93·64%

Az osztrák szövetségi vasúton:

I. osztályra:	1·04	0·92%
II. „	6·88	6·89%
I. és II. „	7·92	7·81%
III. „	92·08	92·19%

A Duna-Száva-Adria vasúton:

I. osztályra:	1·00	1·21%
II. „	15·95	18·55%
I. és II. „	16·95	19·76%
III. „	83·05	80·24%

Az összeállításból kitűnik, hogy mind a m. kir. államvasúton, mind a Duna-Száva-Adria vasúton a világháború után is aránytalanul nagyobb az I. és II. osztályú utaskm-ek kvótája, mint akár a német vasúton, akár az osztrák szövetségi vasúton.

A folytonos csökkenés ellenére a Máv.-on az utaskm-ekből 1926/27-ben még mindig 0·89% jut az I. o.-ra, ezzel szemben a német vasúton 1927-ben csak 0·42%. E szerint a m. kir. államvasúton a német vasútakéhoz viszonyítva még ma is több mint kétszer akkora az I. o. utaskm-ek arányszáma. Még kedvezőtlenebb, a német vasútakéhoz képest 2·72-szeres, az oszt-

rák szövetségi vasútakéhoz képest pedig 2·34-szeres, ez az arányszám a II. o. utaskm-eknél. A német vasútak III. és IV. osztályára viszont az utaskm-ekből  $\left(\frac{93\cdot64}{83\cdot00} = 1\cdot125\right)$  12·5%-kal, az osztályok szövetségi vasútak III. osztályára pedig  $\left(\frac{92\cdot19}{83\cdot00} = 1\cdot11\right)$  11%-kal több esik, mint a Máv. III. osztályára.

Nyilvánvaló, hogy a nagyszámú I. és II. o. utasra való tekintettel mind a Máv-on, mind a Duna-Száva-Adria vasúton aránylagosan jóval több párnázott kocsi szükséges a párnázott kocsikban is nagyobb rész esik az I. osztályra, mint a német vasútakon, tehát egy ülőhelyre több holtteher jut. Egy I. és II. o. ülőhelyre ugyanis átlagban a kétszeresnél nagyobb holtteher esik, mint egy III. o. ülőhelyre és a német birodalmi vasúton a legújabbban megszüntetett IV. o. kocsikban egy ülőhelyre eső holtteher  $\left(\frac{303}{239} = 1\cdot27\right)$  27%-kal volt kisebb, mint a Máv. III. osztályú kocsijaiban.

A német birodalmi vasút 1928 okt. 7-étől fogva az I. kocsiosztályt, mint luxusosztályt, csupán az internacionális vonatokban, a fontosabb fővonalakon egyes gyorsvonatokban és a hálókocsikban tartotta fenn, a belforgalomban pedig általában a két kocsiosztály (II. és III.) rendszerre tér át. Az új II. osztályú tarifa a réginél 25·3%-kal és az új III. osztályú tarifa a réginél 26%-kal *kisebb*, viszont 12%-kal *nagyobb*, mint a felhagyott IV. osztályé volt. Ezeknek az intézkedéseknek az volt a célja, hogy a IV. osztályú utasok a III. osztályba, a III. osztályú utasok egy része pedig a II. osztályba menjen fel, tehát az újabban évről-évre tapasztalt lefelé vándorlásnak az ellenkezője álljon be és így a bevétel növekedjék. A német birodalmi vasút azt reméli, hogy a kitűzött célt eléri, de e mellett a két kocsiosztálynál, valamint a jobb ülőhely kihasználásnál fogva a haszon és holtteher viszonyának javulása is várható.

### Az ülőhelyek kihasználása.

Kétségtelen, hogy a személyforgalomban a holtteher nagyságát lényegesen befolyásolja az ülőhelyek kihasználása is.

A világháború előtt az ülőhely kihasználása is jóval kedvező-

zötlenebb a m. kir. államvasúton, mint általában a német vasútegyleti vasúton.

Így 1909-ben az ülőhelyek kihasználása az egyleti vasúton átlagosan 25·32 %, a m. kir. államvasúton pedig csak 22·27 % volt, azaz a Máv.-on egy utasra átlagosan 4·5-ször akkora holtteher jutott, mint amennyi egy ülőhelyre esett. E mellett figyelembe kell venni, hogy az egyes osztályokban az ülőhelykihasználás nem egyenlő. Kétségtelenül legkisebb, 10 % alatt volt az I. osztályban.<sup>1</sup> Itt tehát egy utasra legalább tízszer akkora holtteher jutott, mint egy ülőhelyre. Minthogy pedig egy I. osztályú ülőhelyre 800 kg-ot meghaladó holtteher esik, egy első osztályú utasra legalább 8000 kg, azaz egy utasnak kézipoggyással együtt 80 kg átlagos súlyához képest legalább százszor akkora holtteher jutott.

Érthető e szerint, hogy a világháború előtt a m. kir. államvasútnak a személyforgalomban igen nagy a holtterhe. Jellemző, hogy ennek ellenére személytarifája akkor is, mint ma, legolcsóbb volt az összes nagyobb vasútak között.

A világháború után az ülőhelykihasználás kétségtelenül kedvezőbbé vált: a Máv.-on 1927/28 második felében 28·74 %, a német birodalmi vasúton 1927-ben 30·6 %.

A IX. táblázat adataiból azonban egyszersmind kitűnik, hogy a m. kir. államvasúton 1919/20-ban és 1920 21-ben a holtteher aránylag igen kicsiny volt, hasonlóan a német birodalmi vasúton 1922-ben és 1923-ban. Ezekben az esztendőben úgy nálunk, mint Németországban a személyvonatokban kényelemről nem lehetett szó. A vonatok túlszűfoltak, a folyosók és fülkék álló utasokkal tele voltak, sőt legtöbbször a kocsik födelén is volt annyi utas, mint amennyi rendes viszonyok között a kocsiiban szokott lenni. Ezekben az esztendőben az ülőhelykihasználás sokszor jóval felülmulta a 100 %-ot is.

Megállapítható továbbá, hogy ezek után az abnormális évek után a holtteher növekszik és a legutóbbi években már ismét nagy mértékű. Ennek az oka az I. és II. osztályú utaskm arány-

<sup>1</sup> ZELOVICH KORNÉL: A vasútak üzemi költsége. — Közgazdasági Szemle 1923. 701. o.



lagosan nagy kontingense mellett abban van, hogy az utasok kényelmére kevésbé kihasznált vonatok közlekednek.

Kedvezőtlenül befolyásolja a személyforgalom holtterhét a Máv.-on a szociális követelmények kielégítése is. A székesfőváros környékén lakó tisztviselők, ipari munkások és iskolás gyermekek részére ugyanis számos oly helyi vonatot kell közlekedtetnie, amelyek rendszerint csak egyik irányban és menetüknek csak egy részén vannak jól kihasználva.

Való, hogy az utóbbi esztendőekben a közvélemény kívánságát kielégítő, a m. kir. államvasutak személyvonati teljesítménye nagyobb mértékben nőtt, mint az utaskm-ek száma.

Az üzem gazdaságossága érdekében a vasúti személyforgalomban nyilván törekedni kell az ülőhelykihasználás fokozására, tehát a holtteher csökkentésére.

Mindenekelőtt helyes mértéket kell tartani a teljesítményekben, a személykocsi tengelykm-ek számában. A személyvonatok szaporításában óatosan kell eljárni, mert roppant nehéz egy a publikum által megszokott vonatot később, ha nincs kellően kihasználva, megszüntetni.

### A haszon- és holtteher viszonya az összes forgalomban.

Az egy haszontonnára eső holtteher változását az összes forgalomban a XI. táblázat tünteti fel.

XI. táblázat. *A holtteher változása az összes forgalomban.*

	1909	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	
M. kir. állam- vasutak:	2·865t	3·93	2·83	2·66	2·62	2·41	2·33	2·33	2·46	2·387t;	$\frac{2·387}{2·865} = 0·833$
Német birodalmi vasút:	2·285t	—	—	—	1·72	1·98	1·94	—	2·17	2·02t;	$\frac{2·02}{2·285} = 0·885$
Osztrák szövetségi vasutak:	2·00t	—	—	—	—	—	—	—	—	2·37t;	$\frac{2·37}{2·00} = 1·185$
Duna-Száva- Adria vasút:	2·44t	—	—	—	—	—	—	—	—	3·07t;	$\frac{3·07}{2·44} = 1·250$

A személyforgalom nagy holtterhének következménye, hogy a m. kir. államvasúton 1909-ben az összes forgalomban a holtteher  $\left(\frac{2.865}{2.285} = 1.25\right)$  25 %-kal *nagyobb*, mint a német államvasúton,  $\left(\frac{2.865}{2.00} = 1.43\right)$  43 %-kal *nagyobb*, mint az osztrák államvasúton és  $\left(\frac{2.865}{2.44} = 1.17\right)$  17 %-kal *nagyobb*, mint a déli vasút magyar vonalain. 1926/27-ben a Máv. holtterhe  $\left(\frac{2.387}{2.02} = 1.19\right)$  19 %-kal *nagyobb*, mint 1927-ben a német birodalmi vasúton és  $\left(\frac{2.387}{2.37} = 1.01\right)$  1.0 %-kal *nagyobb*, mint az osztrák szövetségi vasúton, viszont már ekkor a Duna-Száva-Adria vasút holtterhe  $\left(\frac{3.07}{2.387} = 1.285\right)$  28.5 %-kal *nagyobb*, mint a Máv.-é.

A holtteher *csökkenése* 1909-től 1926/27-ig a Máv.-on  $\left(\frac{2.865}{2.387} = 1.20\right)$  20 %, a német birodalmi vasúton 1909-től 1927-ig  $\left(\frac{2.285}{2.02} = 1.13\right)$  13 %. A Máv.-on tehát az áruforgalom holtterhének fokozatos csökkenésével kapcsolatban az összes forgalomban a holtteher csökkenése nagyobb mértékű.

Ezzel szemben ugyanebben az időszakban az osztrák szövetségi vasúton a holtteher  $\left(\frac{2.37}{2.00} = 1.185\right)$  18.5 %-kal, a Duna-Száva-Adria vasúton pedig  $\left(\frac{3.07}{2.44} = 1.255\right)$  25 %-kal *növekedett*.

Az összes forgalomra vonatkoztatott holtteher tulajdonképpen eredője a személyforgalom és az áruforgalom holtterhének. Az ily módon megállapított holtteher nyilván kevésbé tájékoztat, mint a személy- és áruforgalomra külön-külön kiszámított holtteher.

Láttuk, hogy a személyforgalomban az egy haszontonnára eső holtteher lényegesen nagyobb, a m. kir. államvasúton a húszszorosánál több, mint az áruforgalomban. Az összes forgalomban ennél fogva annál nagyobb a holtteher, minél nagyobb az üzemi teljesítményből a személyforgalomra eső rész.

Az összes forgalomra vonatkoztatott holtteher ezek szerint

csak olyan vasútnál alkalmas összehasonlítására, amelyeknél a személy- és teherforgalom megoszlása közel egyforma.

Ugyanez a kritérium mértékadó nyilván az üzem gazdaságosság-mértéke gyanánt alkalmazott haszontonna-km egységára tekintetében is.

Ezért hangsúlyoztuk, hogy a haszontonnakm egységára különböző vasútak üzemkezelésének ugyanabban az évben való összehasonlítására megbízható mérték *bizonyos határok között*.

A német vasút-egylet keretébe tartozó vasúton a folyó század első évtizedének végén az összes bruttotkm üzemi teljesítményből átlagban 25 % esett a személyforgalomra. Mindazonkon a vasúton tehát, amelyeknél a személyforgalom bruttotkm teljesítménye közel ilyen arányú, — az egyleti vasútak legtöbbször ilyen volt az arány, — a haszontonnakm egységára alkalmas mérték volt az üzem gazdaságosságának összehasonlítására.

Ugyanez a megállapítás helytálló természetesen ugyanazon vasút különböző számadási éveire meghatározott haszontonna-km egységára tekintetében is.

### A személyvonatforgalom túltengése.

Nyilvánvaló az előbbieket szerint, hogy a holtteher nagyságát az összes forgalomban a forgalmi viszonyok változása is befolyásolja.

A m. kir. államvasútak összes forgalmában a holtteher 1926/27-ben 1909-hez viszonyítva 4·63-szor kisebb mértékben csökkent, mint az árúforgalomban. Az összes forgalomban a kisebb mértékű csökkenés a személyvonatforgalomnak aránylagosan jóval nagyobb holtterhével függ össze.

Az összes forgalom holtterhének nagyobb mértékű csökkenését akadályozta az a körülmény is, hogy az utóbbi években a személyszállító vonatok teljesítménye az összes bruttotonnakilométereknek sokkal nagyobb részét teszi, mint a világháború előtt. Így a m. kir. államvasúton a személyszállító vonatok teljesítménye az összes bruttotonnakilométereknek 1925/26-ban 43·6 % -a, 1926/27-ben 43·33 % -a, holott 1909-ben csak 24·24 % -a, kereken egy negyede volt.

Megállapítottuk, hogy a m. kir. államvasúton az összes forgalomban 1926/27-ben a holtteher  $2\cdot387^t$ , a német birodalmi vasúton pedig 1927-ben  $2\cdot02^t$ , azaz a Máv.-on az összes forgalomban egy haszontonna továbbítására szükséges holtteher 19 %-kal volt nagyobb.

Ha a Máv.-on 1926/27-ben a személyszállító vonatok bruttotkm teljesítménye az összes teljesítménynek nem 43·3 %-át, hanem mint a régi jó időkben csak 25 %-át tette volna ki, akkor egy haszontonna továbbítására az összes forgalomban nem  $2\cdot387^t$ , hanem csak  $1\cdot71^t$  holtteher lett volna szükséges, tehát  $\left(\frac{2\cdot02}{1\cdot71} = 1\cdot18\right)$  18 %-kal kisebb holtteher, mint amekkora a német birodalmi vasúton 1927-ben volt.

A személyvonatforgalom túltengése szempontjából még a Máv.-énál is kedvezőtlenebb ma a helyzete a Duna-Száva-Adria vasútnak.

Az összes bruttotkm üzemi teljesítményből a déli vasút magyar vonalain 1909-ben 20·5 %, ezzel szemben a Duna-Száva-Adria vasúton 1926-ban 50 % és 1927-ben 49 % jutott a személyszállító vonatokra. Ez az egyik főoka annak, hogy a Duna-Száva-Adria vasúton a haszontonnák egységára nagyobb mértékben növekedett, mint a bruttotonnakilométereké.

Ha 1927-ben a Duna-Száva-Adria vasúton 25 % lett volna a személyszállító vonatok teljesítményére eső rész, az áru- és személyforgalomban az 1927-re kiszámított holtteherrel számítva, az összes forgalomban nem  $3\cdot07^t$  lett volna a holtteher, hanem  $1\cdot92^t$ , azaz  $\left(\frac{2\cdot02}{1\cdot92} = 1\cdot05\right)$  5 %-kal kevesebb, mint a német birodalmi vasúton.

A Máv. bruttotkm teljesítményéből 1909-ben 24·24 % esett a személyszállító vonatokra, 1926/27-ben pedig 43·3 %. A viszonylagos növekedés  $\left(\frac{43\cdot3}{24\cdot24} = 1\cdot79\right)$  79 %. Az osztrák államvasúton 1909-ben az összes teljesítményből 17·75 %, az osztrák szövetségi vasúton pedig 1927-ben 36·8 % esett a személyszállító vonatokra. A viszonylagos növekedés  $\left(\frac{36\cdot8}{17\cdot75} = 2\cdot07\right)$  107 %. A déli vasút magyar vonalain az összes bruttotkm teljesítményből a sze-

mélyszállító vonatokra 1909-ben 20·5 % esett, a Duna-Száva-Adria vasúton 1927-ben 49·5 %. A viszonylagos növekedés  $\left(\frac{49\cdot5}{20\cdot5} = 2\cdot41\right)$  141 %.

Ezzel szemben a német vasútak összes bruttotkm teljesítményéből 1909-ben 26·81 % esett a személyforgalomra, a német birodalmi vasúton pedig 1927-ben 30 %. A viszonylagos növekedés  $\left(\frac{30}{26\cdot81} = 1\cdot12\right)$  csak 12 %, azaz a Máv.-éhoz viszonyítva 6·5-szer, az osztrák vasutakéhoz képest 8·9-szer, a Duna-Száva-Adria vasúthoz viszonyítva pedig 17·7-szer kisebb mértékű.

Az üzem gazdaságossága szempontjából úgy a Máv.-ra, mint a Duna-Száva-Adria vasútra súlyos feladatot ró a személyvonatforgalomnak a tehervonatforgalomhoz viszonyítva nagymértékű túltengése.

Nem szabad ugyanis elfeledni, hogy úgy a m. kir. államvasútak, mint a legtöbb nagy vasút a világháború előtt is ráfizetett a személyforgalomra, de korántsem abban a mértékben, ahogyan ma a személyforgalom túltengése következtében fizet rá.

Kétségtelen, hogy a személyforgalomra való ráfizetés fedezésére a pénzügyi egyensúly fenntartása érdekében az árútarifát magasabbra kell venni, mint amilyenre ráfizetés hiányában szükség volna.

Nyilvánvaló e szerint, hogy a személyforgalom túltengése, hacsak a személytarifát megfelelő mértékben nem emelik, aránylagosan magasabb árútarifát jelent.

★

A holtteherre vonatkozó vizsgálataink eredménye tehát az, hogy a vasútak üzemkezelésének a gazdaságosság szempontjából való összehasonlításakor a haszontonnakm egységárának kiszámításával kapcsolatban meg kell állapítani a holtteher nagyságát külön a személy- és külön az árúforgalomra és figyelembe kell venni a személy- és teherforgalom megoszlásának arányát.

### A hasznos és holt idő viszonya.

Az előbbieken ismertetett részletes vizsgálatainkból kétségtelenül kitűnik, hogy a vasútak üzemi hatásfokát a haszon- és holtteher viszonya nagy mértékben befolyásolja.

Minthogy az üzemi hatásfok a hasznos teljesítményeknek az improduktív teljesítményekhez való viszonya, nyilvánvaló, hogy erre a hatásfokra és ennek következtében az üzemi költségre a haszon- és holtteher viszonya mellett a hasznos és holt idő viszonyának, tehát a kocsifordulónak is nagy befolyása van.<sup>1</sup>

A vasúti személyszállításban a kocsiforduló eléggé kedvező, az áruszállításban azonban gyorsításra szorul.

Kétségtelen, hogy minél rövidebb ideig tart a kocsiforduló, annál többször lehet a járóművet szállításra felhasználni. A rövidebb kocsiforduló ugyanis hamarabb adja újra a kocsit a forgalom rendelkezésére. Ugyanazt az áruforgalmat tehát kevesebb kocsival lehet lebonyolítani, ennél fogva új kocsik beszerzésére később kerül a sor.

Minél gyorsabb a forduló, minél rövidebb az egyes szállításokra szükséges időtartam, annál kevesebb ideig van a nyílt vonal, illetőleg vannak az állomások kocsikkal elfoglalva, annál nagyobb lesz tehát teljesítőképességük.

Végeredményében e szerint a kocsiforduló meggyorsításával bizonyos mértékig a vasút teljesítőképességét növelhetjük, üzemi költségét pedig csökkenthetjük.

A vasúti teherkocsinak napi teljesítménye, másszóval az áru mozgásának sebessége aránylag igen csekély. Ezt a sebességet a kocsiforduló gyorsításával lehet és kell növelni.

### Az áru mozgásának átlagos sebessége.

Az áru mozgásának átlagos sebességére hozzávetőlegesen a teherkocsik teljesítette tengelykm-ek számából lehet következtetni.

<sup>1</sup> *Hasznos* idő az az idő, amely alatt a járóművet személy- vagy áruszállításra használják. *Holt* idő pedig az az idő, amely alatt a szállításban résztvevő járómű vesztegel.

A m. kir. államvasúton, csupán a szállításra igénybevett kocsikat véve figyelembe, 1927/28-ban egy teherkocsitengely évi teljesítménye 14,350 km volt. Az átlagos napi teljesítmény, 300 üzemi nappal számítva, kereken 48 km. Egy teherkocsitengely egy órai teljesítménye  $\frac{48 \text{ km}}{24 \text{ óra}} = 2 \text{ km/óra}$ .

A teherkocsitengelykm-teljesítmény előbb említett értékében azonban bennfoglaltatik az üres kocsi teljesítménye is. Mint-hogy azonban az üres kocsi árút nem szállítanak, teljesítményük az áruszállítás sebességének megállapításakor figyelmen kívül hagyandó. A VI. táblázat szerint 1927/28-ban a Máv.-on a kocsitengelykm-teljesítménynek 65·7 %-a volt rakott kocsitengelykm. E szerint egy áruval rakott teherkocsitengely évi teljesítménye  $0·657 \times 14,350 = 9428 \text{ km}$ , napi teljesítménye 31·5 km és egy órai teljesítménye, amely nagy általánosságban az áruszállítás sebessége mértékének vehető 1·31 km/óra. Ez az aránylag csekély sebesség a tehervonatok átlagos utazási sebességének mintegy tizedrészét teszi ki.

Ha ez a számítás inkább csak kép akar lenni, annyi min-denesetre nyilvánvaló, hogy az áruszállítás sebessége igen kicsiny.

A 31·5 km napi teljesítmény a tehervonatok átlagos utazási sebességével három óra alatt könnyen megtehető. Ez az eredmény tehát azt jelenti, hogy napi 24 órából a vasúti teherkocsi áruszállítás céljából legfeljebb három órán át van mozgásban, legalább 21 órán át pedig vesztgel.

Ne gondoljuk azonban, hogy csak a m. kir. államvasúton ilyenek a viszonyok.

SCHWABE: «Über die Leistungsfähigkeit und die Erträge der Preussischen Staatseisenbahnen unter gleichzeitiger Ermässigung der Gütertarife» című igen érdekes tanulmányában<sup>1</sup> kimutatja, hogy a világháború előtt a porosz-hesszeni államvasúton a teherkocsik naponként három órahosszat voltak mozgó vonathan és 21 órán át az állomáson tartózkodtak. Megjegyzi, hogy «ez a helyzet éppúgy kedvezőtlen a járóművek, mint a pályaudvarok

<sup>1</sup> V. ö. TECKLEBURG: Personen- und Güterverkehr, Selbstkosten und Ertrag. Archiv f. Eisenbahnwesen 1915. I. 273. o.

vágányzatának kihasználása szempontjából, mert jóval a szükségleten felüli kocsiparkot és a pályaudvarok vágányzatának jóval a tényleges szükségletet meghaladó kiterjedését vonja maga után».

LACUBENHEIMER: «Organisation des Massenverkehrs unter Verwendung von Grossgüterwagen» című értekezésében (1923) szintén felemlíti, hogy a világháború előtt a vasúti teherkocsinak naponként három órára terjedt a futási idejük és a veszteglő állapot 21 óra volt.

HILL a Railway Business Association-ban az amerikai vasutak forgalmi torlódásairól tartott előadásában kiemelte, hogy egy teherkocsi napi 24 órából két órán át volt menetben, 22 órán át pedig az állomásokon tartózkodott.

Hasonló eredményre jutottak részletes vizsgálat alapján dr. AHLBERG és dr. NORMANN a svéd államvasútakra vonatkozó részletes tanulmányukban.<sup>1</sup>

### A teherkocsiforduló a német birodalmi vasúton.

A teherkocsiforduló, illetőleg az áruszállítás meggyorsítása ma az automobilverseny miatt a vasútakra úgyszólván életkérdés, érthető tehát, hogy újabban a nagy vasutak behatóan foglalkoznak ezzel a kérdéssel és igyekeznek a teherkocsiforduló idejét megrovidíteni.

Különösen részletes vizsgálat tárgyává tette a kocsiforduló kérdését a világháború után a német birodalmi vasút s első ízben 1925. év őszén állapította meg a tényleges kocsifordulót.

E vizsgálatok szerint a teherkocsi teljes forduló időtartama, tehát az az idő, mely a berakástól az újból való berakásig eltelik, átlagosan 96·22 óra, azaz valamivel több volt, mint négy nap.<sup>2</sup>

Megismételte a német birodalmi vasút a kocsiforduló megállapítását 1928. év őszén október 25-től november 7-éig terjedő időszakban<sup>3</sup> és pedig oly módon, hogy az egyes teherkocsik

<sup>1</sup> Archiv für Eisenbahnwesen 1918. 548. o.

<sup>2</sup> HEINECK: Die Güterzugbildung als Grundlage eines beschleunigten Wagenumlaufs. Verkehrstechnische Woche 1926. Heft 43.

<sup>3</sup> TECKLENBURG: Die Güterwagenumlauffermittlung. Zeitung d. V. s. deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1929. No. 6.



továbbítását az üzem folyamán állandóan megfigyelték. Hogy azonban az állomási- és vonatkisérő személyzetet a megfigyeléssel túl ne terheljék, a megfigyelést csupán egy napi feladásra terjesztették ki. A megfigyelt rakott kocsik száma még így is 140,641 volt s hozzájuk csatlakozóan még 37,722 kocsinak üres futását is megfigyelték.

Külön megállapították a rakott kocsi menetidejét, valamint a teljes kocsifordulót, amelyben az árúk elszállítása céljából szükséges üres kocsimenetre fordított idő is bennfoglaltatik.

A vizsgálat eredménye szerint: a *kocsirakományú* árúkat továbbító rakott kocsik menetére esik 66·4 óra, teljes fordulójára 94·5 óra, a *darabárús* rakott kocsik menetére 29·2 óra, teljes fordulójára 37·8 óra és az összes megfigyelt kocsik átlagában a rakott kocsik menetére esik 53·3 óra, a teljes fordulóra pedig 73·1 óra. Az utóbbi az 1925. évben megállapított 96·22 óra teljes fordulónak 76 %-a, kereken háromnegyed része.

A kocsiforduló részletezését a XII. táblázat mutatja:

**XII. táblázat.** *A német birodalmi vasút 1925. és 1928. évi teherkocsifordulójának részletezése.*

	1925		1928	
	óra	a forduló idő %-ában	óra	a forduló idő %-ában
1. A teherkocsinak rakot- tan és a kiürítés után üresen mozgó vonatban töltött ideje: ... ..	14·42	15%	9·50	13%,
2. Tartózkodások a vonat- ban az állomásokon és a rendező pályaudva- rokon: ... ..	24·00	25%	18·30	25%,
3. A feladó és leadó állo- máson a rakodó helyre kiállítás és elvitel: ...	30·80	32%	23·30	32%,
4. Berakás és kirakás: ...	27·00	28%	22·00	30%,
Összesen:	96·22 óra	100%	73·10 óra	100%.

Látni tehát, hogy 1928-ban 1925-höz képest a kocsiforduló-  
nak négy fázisára eső idő is külön-külön megfelelően csökkent és

ennek folyományaképpen a teljes fordulóból az 1. és 4. fázisára eső százalék is némileg eltér az 1925. évitől.

A német birodalmi vasúton a tehervonatok sebességének időközben történt emelése (ad 1.) mellett hozzájárult a kocsi-forduló gyorsításához a rendező pályaudvarokon a rendezés idejének csökkentése (ad 2) a gurítás mechanizálása által.

A régi rendező pályaudvarokon egy kocsinak a gurítása hosszabb időt s akkora költséget okoz, mintha a nyílt vonalon a kocsit 10—20 km-re vontatnák. Nyilvánvaló, hogy az ilyen improduktív kiadásokat, amennyire csak lehet, korlátozni kell. Lehetőleg kevés helyen kell tehát rendezni, de ahol szükséges, ott a rendező pályaudvar legyen kifogástalan, a tudományos technika mai fokán álló.

A tartózkodások (ad 2) csökkentése szempontjából igen nagy jelentősége van annak, hogy a nagyobb csatlakozó állomásokba, valamint a rendező pályaudvarokba a tehervonatok feltartóztatás nélkül járjanak be és a gurítást meg nem felelő berendezések miatt ne kelljen félbeszakítani.

A feltartóztatás nélkül való bejárhatás mindenekelőtt a nagyobb pályaudvarok előtt vágányátbujtatásokkal kapcsolatban jól átgondolt vágánykifejlesztéseket tesz szükségessé.

Az ilyen vágánykifejlesztéseket, valamint az állomási vágányzatnak megfelelő kialakítását elsősorban a német vasútak honosították meg.

Az állomási vágányzatnak olyan kialakítása, mely lehetővé teszi, hogy a tehervonatból a kocsik a legrövidebb úton, tehát a legrövidebb idő alatt, juthatnak a rakodó helyekhez és onnan a kezelt kocsik a vonatba, nyilván a 3. alatt feltüntetett időtartamot megrövidíti.

A berakásra és kirakásra szükséges időt nagy forgalmú állomásokon (ad 4) csökkenteni lehet, ha lehetővé tesszük a folytonos rakodást az árúraktárak perronjainak és a rakodó vágányoknak megfelelő kiképzése által, továbbá, ha kiürítő szerkezettel felszerelt kocsikat kiterjedtebb mértékben alkalmazunk és a berakásnál, valamint a kirakásnál a mechanikai erőt, ha csak lehetséges, fokozottabb mértékben vesszük igénybe.

Mindenesetre jellemző, hogy a vonóerő gazdaságosabbá

tételére a tudományos technika vívmányait gyorsabban alkalmazták a vasútak, mint a rendező pályaudvarok és általában a vágányzatok kifejlesztésére és célszerű kialakítására vonatkozókat.

### A tehervonatok gazdaságos sebessége.

A XII. táblázatból kitűnik, hogy a kocsiforduló az áru szállítására fordított tényleges időtartamon kívül, a rakodó helyekre való kiállítás és elvitel, a berakás és kirakás, az ezután következő üres menet és készenlét tartamából adódik össze.

A kocsifordulónak ezen összetevői közül egyedül a mozgó vonatban töltött időtartam, a vizsgált esetekben 13—15 %, függ a szállítási távolságtól, a tartózkodások tartama, 85—87 % ellenben nem. Minél kisebb e szerint a szállítási távolság, annál kedvezőtlenebb a viszony a menettartam és a tartózkodási idő között.

Minthogy a most közölt vizsgálat szerint a kocsiforduló tartamára a tehervonatok sebessége sokkal kevesebb befolyást gyakorol, mint a tartózkodások és rendezések, természetes, hogy a vasútak a tehervonatokat azzal a sebességgel közlekedtetik, amelynél a továbbítási költség a legkisebb. Ezt a sebességet a tehervonatok gazdaságos sebességének nevezzük.

A világháború előtt úgy a német, mint a magyar vasútakon a tehervonatoknak ez a gazdaságos sebessége vízszintes és egyenes pályán 30 km/órának adódott ki. Ezzel az alapsebességgel készítették általában a tehervonatok menetrendjét.

A sűrűbb forgalmú vonalakon azonban a vonal teljesítő képességének fokozása érdekében már a világháború előtt fel kellett emelni a tehervonatok alapsebességét 40 km/óra. Az ilyen vonalakon ugyanis a 30 km/óra sebesség alapján készített menetrendek szerint a tehervonatoknak a keresztező és megelőző állomásokon személyvonatokra való várakozás miatt huzamosabb ideig kellett volna tartózkodniuk, úgy hogy az ácsorgások okozta kiadások a 40 km/óra sebesség következtében előálló üzemi többkiadást túlhaladták volna. Nyilvánvaló e szerint, hogy a tehervonatok gazdaságos sebessége a forgalmi viszonyoktól is függ.

A világháború előtt úgy a német, mint a magyar vasútakon a

közönséges tehervonatok kézi fékkel jártak. Az említett 30 km/óra gazdaságos tehervonati sebesség az ilyen fékkel járó tehervonatokra vonatkozott.

Ma a német birodalmi vasúton a közönséges tehervonatok is átmenő fékkel járnak. Ilyen módon a német birodalmi vasúton a tehervonatoknak korábbi 30 km/óra alapsebességét 45 km/órára, tehát 50 %-al felemelhették a nélkül, hogy az üzem gazdaságosságát veszélyeztették volna. Nyilvánvaló, hogy már ezáltal is rövidebb lett a kocsiforduló és megfelelően meggyorsították az áruszállítást.

### A m. kir. államvasútak kocsifordulója.

Az integer Magyarország államvasútján a teherkocsik átlagos kocsifordulója a világháború előtt, 1913-ban, kerekén hat nap volt. Ez a forduló már 1914. év folyamán 9·4 napra nőtt.

A megcsonkított ország megnyomorított államvasútján 1919 nyarán a kocsiforduló 62·4 nap volt, amelyet az év végére sikerült 27·7 napra csökkenteni.

A gazdaságos üzemre irányuló kitartó törekvés a kocsiforduló időtartamának fokozatos csökkenését vonja maga után.

1920 év végén az átlagos kocsiforduló 16·5 nap

1921 „ „ „ „ „ 11·1 „

1922 „ „ „ „ „ 10·2 „<sup>1</sup>

A m. kir. államvasútak forgalmi főosztálya által végzett részletes számítások alapján az utóbbi négy naptári évben a kocsiforduló időtartamát a XIII. táblázat tünteti fel.

### XIII. táblázat. A m. kir. államvasutak kocsifordulója.

	1925	1926	1927	1928
Födött teherkocsiknál: — —	10·05	8·61	6·73	6·50 nap
Nyitott „ — —	9·88	8·00	5·94	6·01 „

<sup>1</sup> KELETY DÉNES: A magyar államvasutak gazdasági és pénzügyi helyzete. Közgazdasági Szemle 1923. 570. o.

A táblázat adatai mutatják, hogy a javulás az utóbbi években nagymértékű és nyilvánvalóvá teszik, hogy következetes egy célra törekvő munkával a mostoha viszonyok ellenére is lehet eredményeket elérni.

Való ugyan, hogy a német birodalmi vasúton a kocsiforduló jóval rövidebb. Az összehasonlításnál nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni, hogy egyrészt ott a tehervonatok alapsebessége az átmenő fék alkalmazásával 50 %-kal nagyobb, mint a Máv.-on és a német modern berendezésű rendező pályaudvarokon a gurítás mechanizálása következtében is, a rendezés lényegesen rövidebb ideig tart, mint a Máv. régi rendszerű pályaudvarain, másrészt a vágánykifejlesztések állomások előtt és az állomásokon a német birodalmi vasúton megelőbbek és e mellett a berakás és a kirakás is a német vasúton a gyorsan kúriható kocsik, valamint a mechanikai erő fokozottabb alkalmazása folytán gyorsabban történik, mint nálunk.

A német birodalmi vasút kocsifordulójára továbbá igen kedvező a jóval nagyobb méretű sűrűbb forgalom, amely lehetővé teszi, hogy a kiürített kocsikba ugyanazon az állomáson árukat rakjanak be. Ez a tény a kocsitengelykm-teljesítménynek a Máv.-éhoz képest jóval kisebb arányszámban is kifejezésre jut.

A kocsifordulónak 1928. év őszén fentebb említett megállapítása során 101,194 kocsinak újból való felhasználását figyelték meg s azt találták, hogy e kocsimennyiségnek több mint a felét, 53,484 kocsit, a kirakás után ugyanazon az állomáson azonnal felhasználták árúberakásra.<sup>1</sup>

E mellett a m. kir. államvasúton a személyvonatforgalom túltengése a kocsiforduló szempontjából is kedvezőtlen.

Ha ugyanis sok a személyvonat, a tehervonatoknak találkozás, illetőleg megelőzés céljából huzamosabb ideig kell az állomásokon vesztegelniök. Ez a körülmény nyilván fokozottabb mértékben rontja a kocsifordulót az egyvágányú vonalakon. E tekintetben a német birodalmi vasútnak megint jóval kedvezőbb a helyzete, mint a Máv.-nak, egyrészt, mert a személyforgalom túltengéséről a német birodalmi vasúton alig lehet szó,

<sup>1</sup> TECKLENBURG i. m.

másrésről, mert a két-, illetőleg többvágányú vonalak kontingense a német birodalmi vasúton jóval nagyobb, mint a m. kir. államvasúton.

### A vasúti üzem gazdaságossága és a tudományos technika.

A járóművek gazdaságos kihasználásának és gyorsabb fordulójának fontos kérdésével, hasonlóan mint a vonóerő javításával, állandóan és sikeresen foglalkozik a vasúti tudományos technika. A vágánykifejlesztésekre állomások előtt, az állomási vágányzatok, a rendező pályaudvarok stb. célszerű kialakítására idejében megadta a szükséges útmutatásokat. Nem a tudományon múlt, ha a mélyreható kutatások eredményeit a vasútnak nem voltak képesek mindenütt és azonnal alkalmazni.

Kétségtelen, hogy mind a holtteher csökkentése, mind a kocsiforduló gyorsítása nagyobb eredménnyel jár az olyan vasúton, amely berendezéseiben a tudományos technika haladásával képes lépést tartani.

A német birodalmi vasút vezérigazgatója, dr. Ing. DORPMÜLLER, folyó évi január 30-án tartott s fentebb hivatkozott nagyrészt előadásában<sup>1</sup> ismertette a tudományos technika vívmányainak alkalmazása által elért eredményeket.

E szerint a német birodalmi vasúton *évenként* megtakarítanak: az átmenő automatikus tehervonati fék bevezetése által 96 millió, a műhelyi munkák racionalizálása által 34 millió, teljesítőképesebb lokomotívok alkalmazása, valamint a lokomotív gazdálkodás terén végrehajtott javítások által 75·5 millió és a hógazdálkodásnak viszonylagosan kicsiny területén évi 14 millió birodalmi márkát. Az összes évenkénti megtakarítás tehát 223·5 millió birodalmi márká, az 1928. évi összes kiadásnak 5·25 %-a.

Ezek a példák kétségtelenül bizonyítják, hogy a gazdaságos üzemre való törekvésben a vasútnak berendezéseit, a tudományos technika legújabb vívmányainak felhasználásával folyton javítani kell.

<sup>1</sup> Die Reichsbahn. 1928 No. 6.

A világ első közforgalmú vasútjának az 1825-ben üzembe helyezett *stockton-darlington*-i vasútnak jelszava volt: *periculum privatum, utilitas publica*, az egyén veszélye, a köz haszna.

Egy évszázadon át a vasúti tudományos technika állandóan arra törekedett, hogy a *periculum privatum* csökkentessék, az *utilitas publica* pedig növeltessék.

Ez lesz a feladata a jövőben is, amelyet sikeresen akkor tud megoldani, ha a vasútak követik útmutatásait.

A vasúti berendezések fejlesztésében nincs pihenő.

A vasutat és általában a mai közlekedést egészében és részleteiben folytonos mozgás, folytonos változás jellemzi.

Milyen különböző érzelmekkel fogadná a mai magas színvonalú vasúti közlekedést az ókori görög világnak két neves egyénisége, a kedves elbeszélő HERODOTOS, meg a híres filozófus az ephezusi HERAKLEITOS, ha több mint kétezer éves álmukból felébrednének.

A «történelem atyja», aki már annak idején Egyiptomban is a fejét rázta és nyíltan kijelentette «*ἐμοί μὲν οὐ πιστὰ*» (alig tudom elhinni), amikor Afrika körülhajózásáról hallott,<sup>1</sup> hasonlóan nyilatkoznék és hitetlen. Tamás maradna a mai magasfokú vasúti közlekedés szemléletében is.

Az ókorban «homályos»-nak nevezett ephezusi híres bölcselő ellenben tapasztalva a mai közlekedésben a folytonos mozgást, változást és a változásoknak törvényszerűségét, nagy lelki örömmel állapítaná meg, hogy mély értelmű világnézete világos igazsággként jelentkezik.

Mert ha valahol, a vasúti közlekedés terén érvényes HERAKLEITOSnak nevezetes világtörvénye: minden mozgásban van, minden változik, minden folyik:

*πάντα ῥεῖ.*

<sup>1</sup> МАЧ: Populär-wissenschaftliche Vorlesungen (Über die CORTI-schen Fasern des Ohres). Leipzig 1923. S. 27.

## DAS MAASS DER WIRTSCHAFTLICHKEIT DES EISENBAHNBETRIEBES.

Von KORNEL v. ZELOVICH, o. Mitglied der Akademie.

Verfasser stellt auf Grund seiner Untersuchungen fest, dass unter gewissen Bedingungen die auf die Nutztonnenkilometer-Leistung fallenden Ausgaben als Maass der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes betrachtet werden kann.

Nach dem Weltkrieg verteuerten sich bei den Eisenbahnen sowohl die Betriebs-, wie auch die Verkehrsleistung. Die Verteuerung der Verkehrsleistung ist aber bei den ungarischen Staatsbahnen, wie bei der deutschen Reichsbahn wesentlich kleiner, als die der Betriebsleistung. Dieser Umstand weist zweifellos auf das Streben auf eine grössere Wirtschaftlichkeit des Betriebes hin.

Als wichtige Bedingung der Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnbetriebes ist: das tote Gewicht auf ein Minimum herabzudrücken und das Verhältnis des Nutzgewichtes zu dem toten Gewicht auf ein Maximum zu bringen. Im Eisenbahnbetrieb ist das tote Gewicht im allgemeinen grösser, als die Nutzlast, jedoch im Warenverkehr im wesentlich geringerem Maasse, als im Personenverkehr.

Bezüglich des Warenverkehrs stehen die ungarischen Staatsbahnen in dieser Beziehung unter den mitteleuropäischen grösseren Eisenbahnen an der ersten Stelle. Dieses anerkennenswerte Resultat haben die ungarischen Staatseisenbahnen in erster Reihe dadurch erreicht, dass sie die Anschaffung von Güterwagen mit grösserem Ladegewicht in stärkerem Maasse betrieben. Sehr erfreulich ist ferner der Fortschritt bei den ungarischen Staatsbahnen bezüglich der Ausnützung der Ladefähigkeit der Güterwagen.



Ungünstig ist das Verhältnis des Nutzgewichtes zu dem toten Gewicht bei den ungarischen Staatsbahnen im Personenverkehr. Dies wird hauptsächlich dadurch verursacht, dass in Ungarn eine Hypertrophie des Personenverkehrs festgestellt werden kann.

Verfasser fasste die Ergebnisse seiner Untersuchungen darin zusammen, dass bei dem Vergleich der Eisenbahnbetriebsführung vom Standpunkte der Wirtschaftlichkeit in Verbindung mit der Berechnung des Einheitspreises des Nutztonnenkilometers die Grösse des toten Gewichtes bezüglich des Personen- und des Warenverkehrs, sowie das Vertheilungsverhältnis der Betriebsleistung des Personen- und des Güterverkehrs gesondert festgestellt werden müssen.

Einen grossen Einfluss auf die Betriebswirtschaftlichkeit übt zweifellos das Verhältnis der nützlichen und der toten Zeit, das heisst, des Wagenumlaufs aus. Dieser würde im Güterverkehr eine Beschleunigung erfordern.

Verfasser berechnet sodann die Wagenumlaufzeit im Güterverkehr und stellt fest, dass auch in dieser Beziehung die ungarischen Staatsbahnen seit dem Weltkrieg grosse Fortschritte gemacht haben.

Zweifellos können sowohl die Reduzierung des toten Gewichtes, als auch die Beschleunigung des Warentransports bei Eisenbahnen, die in ihren Einrichtungen mit dem Fortschritt der technischen Wissenschaft Schritt halten, mit grösserem Erfolg verwirklicht werden. Deshalb müssen die Eisenbahnen dahin streben, ihre Einrichtungen auf Grund der letzten Fortschritte der wissenschaftlichen Technik ständig weiter zu entwickeln. In der Entwicklung der Eisenbahneinrichtungen ist keine Pause; die Ruhe ist schon ein Rückschritt.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 22. April 1929).

# MOHA TERATOLOGIA SYNPEDICELLUS DICHOTOMUS ÉS EPIGONESOLENOIDIA ESETEI.

GYÖRFFY ISTVÁN-tól (Szeged).

(Kivonat.)

## I. Synpedicellus dichotomus.

Prof. dr K. LINKOLA egyetemi tanár (Helsinki) még Åboi tanársága idején 1924-ben a Szegedi Egyetem Növénytani Intézetének nagyobb herbariumot ajándékozott, közte mohákat is. A mohák átnézése alkalmával GYÖRFFY prof. az egyik *Tetraplodon bryoides* gyeppen rendkívül feltűnő, torz sporophytont talált.

A közös perichætiumból két toknyél (seta) emelkedik ki: egyik seta végén egy mohatok ül, a másik toknyél villásan elágazó végén ellenben kettő. Nevezetes azonban, hogy a két toknyél enmaga is közös alapos.

A rendes növények tokjai apophysisei jól kifejlettek, ellenben a torz növénynek *Pohlia*-hoz, *Tayloria*-hoz és *Oedipodium* tokjához hasonló capsulái fejlődtek.

Mivel a toknyél tövén is, egyik toknyél ágvégén is elágazó, a synpedicellus dichotomus megkülönböztetést teszi szerző.

E jelenség oka: korántsem öröklésben keresendő valami visszacsapás, hanem a *Tetraplodonok* virágzása idején Finnországban uralkodó szeszélyesen fellépő fagyok (*Anemone hepatica* némely évben május elsején virít ott!) amelyek a 2x-nemzedék kezdeményt két ízben is megsértették.

A világ mohateratológiai irodalma hasonlókat nem ismert eddig.

## II. Epigonesolenoïdia. /

A lombosmohák megtermékenyített petesejtjéből fejlődő diploïda nemzedék védelmére részben az archegonium hasi része falából, részben egyéb részekből egy védő burkot: *epigonium*-ot fejleszt a gametophyton, amely a fejlődő sporophytont, vagy diploïda-nemzedéket védi, takarja. Amikor növekedése oly nagyfokúvá válik, hogy a védőburok nem képes tovább növekedni vele, e pillanatban ruptura áll be, ugyanis rendszerint az egyes fajokat jellemző magasságban körülszakad az *epigonium*, a tetejét a növekedő 2*r*-nemzedék felemeli a magasba s mint fátylka ül a tok tetején; az *epigonium* alsó része meg vaginulaként marad hátra.

Ritka esetben azonban az *epigonium* nem szakad szét, hanem hosszú csőként megnyúlik; benne küzködik a fiatal sporophyton s végül nagy nehezen kihatol, kifúrja csőalakú kiterét és kibúvik a résen.

A fiatal kibúvó tok azonban fedetlen fővel lévén, gyatra, csenevész kifejlődésű lesz, mert minden gyengéd szerkezetű volta dacára is a calyptra jelenléte biztosítja a rendes kifejlődést.

Bold. PÉTERFI Kolozsvár mellett talált (1921) *Catharinaea Hausknechtii*-ket ily abnormis *epigonium*mal. Azt gondolta, lelete első a maga nemében, s «archegoniosolenoïdia» néven írta le egyik kolozsvári oláh folyóiratban.

Valóságban azonban POTIER DE LA VARDE az első ilyen eset találója (1906) szintén *Catharinaeanál* (*Cath. undulata*).

Mivel fejlődéstanilag a csöves képlet = *epigonium*, -- helyesen *epigonesolenoïdia*-nak kell átkeresztelni e jelenséget.

Dr. TIMM 1927-ben leírt *Pogonatum* bastardusai és dr. SCHRATZ (1928) bastardusai szakasztott ilyen *epigonesolenoïdiák*!

Eddig feltűnőleg a *Polytrichaceae* családra szorítkozott e jelenség. 1928-ban a Magas-Tátrában, a Jégvölgyi csúcs oldalán 2480 m t. sz. f. m.-ban szerző *Plagiobryum demissum*-nál találta meg e rendellenességet.

E rendellenesség okát szerző külső tényezőkben keresi.

Vendég-szerző biztosítani óhajtaná a magyar Tudománynak a prioritást, ezért kérte fel dr. DEGEN ÁRPÁD rendes tag urat az előterjesztésre, mert szerző a *Tetraplodon bryoïdes*-re vonatkozó kéziratot Helsinkibe a Societas zoolog.-botanica Fennica Vanamo folyóirat részére, s az epigonesolenoidia-t ismertetőt pedig (annak felkérésére) a Revue générale de Botanique (Paris)-nak ígérte oda.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929 március 18.-án tartott üléséből.)

**MOOSTERATOLOGIE:**  
**SYNPEDICELLUS DICHOTOMUS VON TETRAPLODON BRYOÏDES**  
**AUS FINLAND UND EPIGONÉSOLENOÏDIA VON PLAGIOBRYUM**  
**DEMISSUM AUS DER HOHEN-TATRA.**

(Auszug.)

Von I. GYÖRFFY (Szeged).

Zwischen den aus Finland stammenden Exemplaren von *Tetraplodon bryoïdes* fand der Verf. ein Individuum, welche zweimal (dichotomisch) verzweigte Seta — mit drei gesonderten Kapseln versehen — hat. Einziger Fall seiner Art. Das Manuscript erscheint in Soc. zool.-botan. Fennica Vanamo (Helsinki) mit 10 orig. fotogr. Bildern auf Taf. I—III.

Der Verf. fand auf der Eistaler Spitze (in der Hohen-Tatra) 2480 M ü. d. M. ein Exemplar von *Plagiobryum demissum*, welche röhrenförmiges Epigonium zeigte, und die radialsymmetrische gerad aufstehende Kapsel betragt sich pozitiv phototropisch. — Die ausführliche Beschreibung erscheint im Aug. Heft der Revue générale de Botanique (Paris).

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März 1929.)

## KÍSÉRLETEK A HÆMOLYSIN TISZTA ELŐÁLLÍTÁSÁRA SAVÓKBÓL.

GÓZONY LAJOS-tól és HOFFENREICH FERENC-től.

Mindazokat az anyagokat, melyek valamely szervezetbe vive antianyagok keletkezéséhez vezetnek, antigéneknek nevezzük. Jellemzi ezeket az antigéneket, hogy kémcsőben a megfelelő antitesttel összehozva fajlagos reakciókat mutatnak. Általában csak olyan anyagok vezetnek antianyag-képzéshez, melyek fajidegenek. Ezeknek az antigéneknek biológiai kutatásánál kiderült, hogy az eddig használt antigének általában egész csoportját tartalmazzák a részantigéneknek és míg előbb azt hitték, hogy csupán a fehérjék antigének, ma tudjuk, hogy a lipoidok és complex szénhydrátok is azok.

A vörösvérsejtekből, szervekből előállított lipoidoknak mégis a teljes antigénnel (például vörösvérsejt) szemben van valami sajátos tulajdonsága, nevezetesen, hogy míg in vitro reagálnak az antitesttel, a szervezetben egymaguk nem fejtenek ki antigén hatást. LANDSTEINER az ilyen antigéneket, melyek in vitro jól reagálnak az antitesttel, de maguk, mint a teljes antigén egy része, immunizálásra nem alkalmasak, *haptenek*-nek nevezte el. Már most ezeknek a hapteneknek érdekes tulajdonsága, hogyha in vitro fajidegen fehérjével hozzuk össze és így fecskendezzük be az állati szervezetbe, akkor antianyag termelését váltják ki; SACHS szerint nem azért, mintha egy complex fehérje-lipoid összeköttetés keletkezett volna, mely megfelel a teljes antigénnek (például vörösvérsejt), hanem azért, mert ha egymagában fecskendezzük be például nyúlnak a birkavörösvérsejtek alkoholban oldódó lipoidjait, akkor a nyúl szervezet fehérjei körülburkol-

ják a kolloid részeket és megszüntetik az ingerhatást; viszont, ha előzőleg idegen fehérje veszi körül őket, ezzel burkolva eljuthatnak oda, ahol az immunanyagtermelés folyik és ott fejthetik ki ingerhatásukat.

Kétségen felül megállapították, hogy a vörösvérsejtek lipoidjai alkalmasak hæmolysin-termelésre, hogy ugyanezek a lipoidok az antianyaggal reakcióba is lépnek. A hæmolysineket általában jellemzi, hogy *bizonyos magasabb hőfokon inaktíválható*, hogy *glycerinnel keverve hosszú ideig elállanak*, hogy bizonyos optimális pH-nál *a legjobb a hatásuk*, hogy *Ca-ionok jelenlétében intensívebben hatnak*; mind olyan tulajdonságok, melyek a *lipasekat is jellemzik*. Ez a meggondolás vezetett minket arra, hogy szorgosabb vizsgálat tárgyává tegyük, hogy milyen összefüggés van a serumhæmolysin és lipase között.

Több évre terjedő serumlipase vizsgálataink során úgy találtuk, hogy a hæmolyzáló savóknak magasabb a lipasetitere, mint hasonló fajú normális savónak. Hasonló eredményre jutott BERGEL is már előttünk. Ha állatokat oltott vörösvérsejtekkel és vizsgálta a hasüri nedvet, serumot, lépet, mesenterialis mirigyeket, azt tapasztalta, hogy szoros összefüggés volt a hæmolysis és lipolysis között. Hasonlóképpen JOBLING is azt találta, hogy tyúkvérrel immunizált nyulak savója több esteraset (monobutyirinnel szemben) tartalmazott, mint a normális nyulak savója. De ő még azt is megállapította, hogy a hæmolysis kapcsán zsírsav keletkezik, hogy *a hæmolysisnél tényleg a vörösvérsejt lipoidjai bomlanak*. Nevezetesen tyúkvörösvérsejteket két óráig hagyott ázni egyrészt komplementtel és homolog immunsavóval, másrészt komplementtel és normális nyúlsavóval, végül felfőzés után a keverékeket megtitrálta és azt találta, hogy az immunsavó hatására háromszor annyi sav keletkezett, mint a normális savó jelenlétében. Heterolog vörösvérsejteknél nem volt meg ez a hatás.

Ha a hæmolysin tényleg a vörösvérsejt lipoidjait támadja meg, akkor ha hæmolyszáló kísérletben vörösvérsejtekből előállított lipoidokat adunk a kémcsőbe, ezeknek a maguk számára kell lekötőniök a hæmolysint és az oldódást meg kell akadályozniok.

DAUTWITZ és LANDSTEINER kísérleteiben ez be is következett,

és pedig a vörösvérsejtekből előállított ætherextractumnak acetonban kicsapódó részei a thermostabil részre (lysinre) hatottak, az acetonban oldódó rész (cholesterin) pedig a thermolabil részre, a komplementumra.

Mi először más oldalról igyekeztünk megállapítani, hogy van-e valami összefüggés a hæmolysin és lipase között. Ismeretes RÓNA és PEROW vizsgálataiból, hogy a serumlipasek bizonyos anyagok jelenlétében hatástalanok lesznek és pedig a lipasek eredetétől függőleg más és más anyag hatására. Kísérleteik szerint 0.01 gr chinin. hydrochlor. 50 ccm összefolyadékban teljesen hatástalanná teszi az emberi serumlipaset, míg például a májlipase teljesen hatásos marad, éppúgy a veselipase is. Az összes serumlipasek igen érzékenyek atoxyllal szemben. Mindazokat az anyagokat, amelyek a ferment hatását így elpusztítják, fermentmérgeknek nevezzük. Egyik legerősebb fermentmérge a cyan. Ha sikerülne kimutatnunk, hogy a cyan, amely a lipaset mérgezi, egyúttal a hæmolysist is megszünteti, ez újabb érv volna a hæmolysin lipase volta mellett.

A mi felvételünk az volt, hogy az immunizálással nyert hæmolysin (amboceptor) a hatásos lipase, a komplementum pedig csak mint aktivátor játszik szerepet. Sokan vannak, akik éppen ellenkezőleg a komplementet tartják a ható anyagnak. Szerintük az amboceptor csak sensibilisálja a vörösvérsejteket, hogy azután a komplement feloldhassa. A kérdés eldöntésére három sorozatban állítottuk be a fermentmérgeket. Az első sorozatban az amboceptorra hagytuk hatni a fermentmérget és azután adtuk hozzá a vörösvérsejtet és komplementet. A második sorozatban a komplementre hagytuk hatni a fermentmérget és azután adtuk hozzá a vörösvérsejteket és az amboceptort. A harmadik sorozatban pedig fermentmérge nélkül hoztuk össze a vörösvérsejteket, amboceptort és komplementumot. Az első kísérletünk nem vezetett eredményre, amennyiben úgy az első, mint a második sorozatban teljes gátlást kaptunk, míg a control harmadik sorozatban teljes volt az oldás. Ez a kísérlet azt mutatta, hogy a fermentmérge úgy a hæmolysinre, mint a komplementumra hat. De átgondolva a kísérletet, csakhamar rájöttünk, hogy mi volt ennek az oka. Nagy hígítású hæmolysinnal dolgoztunk,



amikor is az oldáshoz 10 vagy több perc kellett. Természetes, hogy amennyiben a komplementumot nem is mérgezte meg a cyan-kalium, mégis az oldás bekövetkezte előtt módjában volt megmérgeznie még az amboceptorot. Ezért a következő kísérletnél olyan dózis amboceptorral dolgoztunk, amely az összeöntés után egy-két perc alatt már teljes oldáshoz vezetett, nevezetesen 0·5 ccm 1 : 100 hígítású hæmolysint hoztunk össze 0·5 ccm 5% mosott birkavörösvérsejttel és 0·5 ccm komplementummal. Ferment-mérgül 1 % cyankaliumoldat szolgált, ebből 0·1 ccm-t adunk az egyik sorozatban az amboceptorhoz, a másikban a komplementumhoz, a harmadiknál a vörösvérsejtekhez és félórai állás után adtuk hozzá a többi hiányzó reagenst. Egy negyedik sorozat  $KCN$  nélkül controlul szolgált. Össeöntés után a 37°-os vízfürdön a control és komplementum + cyansorozat jóformán azonnal feloldódott, míg az amboceptor + cyan és vörösvérsejt + cyansorozatok nem oldódtak fel. Ez a kísérlet tehát azt mutatta, hogy az immunanyag (amboceptor) hasonlóan viselkedik, mint a fermentumok, fermentinéregh hatására inaktív vá lesz. Ha pedig így áll a dolog, akkor valószínűnek látszott, hogy ugyanazok a behatások, amelyek a fermenteket nem bántják, a hæmolysint sem fogják befolyásolni.

WILLSTÄTTER szerint a lipase előállítása sertéspankreasból úgy történik, hogy a lehetőleg zsirtól megtisztított pankreast többször daráljuk, azután nagymennyiségű *acetonnal* kétszer egymásután *zsírtalanítjuk* és *víztelenítjük*, majd még ætherrel is kétszer átmoszuk. Majdnem *tiszta fehér anyagot* kapunk, *amelyből glycerinnel vagy vízzel könnyen kioldható* más anyagokkal együtt a lipase is. Ezt az eljárást követve hæmolýzáló savót kétszer egymásután tízannyi acetonnal extraháltunk. Úgy jártunk el, hogy centrifugacsőbe lemértük a megfelelő mennyiségű acetont, ehhez cseppenként adtuk hozzá a serumot, majd amikor az egész mennyiséget hozzáadtuk, a keletkezett csapadékot kicentrifugáltuk és a felső folyadékot leöntöttük. Majd ismét ugyanazon mennyiségű acetont adtuk hozzá úgy, hogy előbb csak kevés acetont öntve a centrifugacsőbe a csapadékot ebben felráztuk, majd a többi acetont hozzáadva újból erősen felráztuk. Kicentrifugálás után az acetont leszívtuk és az üledé-

ket ætherrel kétszer átmostuk. Az æther leszívása után a csapadékot porrá szárítottuk. Az így nyert por egészen fehér, liszt-szerű, nem hygroszkopos. Belőle a hæmolysin egyéb anyagok mellett majdnem teljes egészében kioldható, konyhasós vízzel vagy destillált vízzel, kevésbé jól oldható ki glycerinnel. A kioldás kb. 12 óráig tartott jégszekrényhőmérsékleten.

Álljon a jobb szemléltetés céljából itt egy kísérletünk. Nyulat immunizáltunk birkavérrel és négy oltás után a nyúl savója a birkavörösvérsejteket 1 : 16,000 higitásban oldotta, ha a beállítás úgy történt, hogy 0.5 ccm mosott 5 %-os birkavérhez 0.5 ccm hæmolysin higitást, 0.5 ccm 1 : 20 higitású tengerimalac komplementumot és egy ccm konyhasós vizet adtunk. Az aceton-æther kicsapással nyert porból készített konyhasósvizes kivonat szintén 1 : 16,000 higitásban oldott, míg a glycerines kivonat csak 1 : 1600 higitásban, vagyis a glycerinextrahálással az eredeti hæmolysinmennyiségnek csak tizedrészét nyertük vissza.

A kapott porban az anyagot szobahőmérsékleten tartva, még hat hónap után sem észleltünk titercsökkenést.

Az így nyert hæmolysin még elég sok fehérjét tartalmaz.

Nemcsak immunhæmolysineket sikerült így megtisztítanunk, hanem normálhæmolysineket is.

Ismeretes, hogy a kacsasavó elég jól oldja a nyúlvért.

Egy esetben az általunk vizsgált kacsasavó még nyolcszoros higitásban is oldotta a nyúlörösvérsejteket, vagy abszolút mennyiségben kifejezve 0.06 ccm kacsasavó még oldott 0.5 ccm mosott 5 %-os nyúlvért, ellenben 0.03 ccm savó már nem oldott. Ezek után kacsasavót kétszer acetonnal és kétszer ætherrel extraháltunk, a visszamaradt csapadékot beszárítás és porítás után részben konyhasós vízzel, részben glycerinnel extraháltuk és a kivonatokat vizsgálva azt találtuk, hogy még kétszeres higitásban sem oldott. Feltevésünk szerint azért nem következett be oldás, mert aceton-ætherkezelés elpusztította a komplementumot. A kacsasavó amboceptorja más, a nyúlörösvérsejteket nem oldó savóval nem komplettálható, ezért megállapítottuk, hogy melyik az a kacsasavómennyiség, amely már egymagában nem oldja a nyúlörösvérsejteket. Több kísérlet után megállapítottuk, hogy 0.025 ccm kacsasavó egymagában nem oldja a nyúlvért, ha

azonban a kacsasavó higitásaihoz még 0·025 ccm friss kacsasavót mint komplementumot adunk, akkor egyúttal az amboceptor-mennyiséget is növeljük. Ezért szükségessé vált, hogy megállapítsuk, ennyi kacsasavó (0·025 ccm) mint komplementum mennyire fokozza a kacsasavó hæmolyzáló titerét és azt találtuk, hogy oly kacsasavó, mely nyolcszoros higitásban (abszolút mennyiség 0·06 ccm) old, de 16-szoros higitásban (0·03 ccm) már nem old, 0·025 ccm friss kacsasavó hozzáadására még 32-szeres higitásban (0·015 ccm) is old. Amit egyébként ki is számíthattunk volna, mert  $0·015 + 0·025 = 0·04$  ccm. Már most annál érdekesebb, hogy a mi *NaCl*-os extractumunk 0·025 ccm friss kacsasavó jelenlétében még 64-szeres higitásban (abszolút mennyiség 0·007 ccm) is teljesen oldott, amikor is az összes savómennyiség  $0·007 + 0·025 = 0·032$  ccm volt, tehát olyan mennyiség, amely a friss savóból még nem oldott. Ha azonban lecsökkentettük a komplementum mennyiségét a felére (0·012 ccm), akkor csak 8-szoros higitásban kaptunk oldást, minthogy ismeretes, hogy az amboceptor és komplementum mennyisége a hæmolysinnél bizonyos határig helyettesítik egymást. Sőt 0·01 ccm komplementum mellett már csak négyszeres higitásnál volt majdnem teljes a lysis, erős agglutinációval, amely még a 64-szeres higitásban is jól kifejezett volt.

Vizsgálat tárgyává tettük azt is, hogy a konyhasós vízzel való extrahálás után visszamaradt csapadék tartalmaz-e még hæmolysint. E célból az üledéket a savó félmennyiségének megfelelő *NaCl* oldatban suspendáltuk és higitási sorozatban 0·025 ccm friss kacsasavó jelenlétében néztük a hæmolyzáló titeret. Ez a kísérlet azt mutatta, hogy az üledékben nem maradt vissza hæmolysin, legalább is kétszeres higitásban nyoma sem volt a lysisnek.

Meg kell említenünk, hogy az irodalom átkutatásánál reájöttünk, hogy PIETTRE és VILA az antitoxicus savó koncentrálására hasonló eljárást alkalmaztak. Az antitoxicus savót 0° C-nál acetonnal és ætherrel csapták ki és miután így a zsírokat eltávolították, a nyert csapadékot vízben ismét oldották. Ha az oldatot *n.* 100 sósavval megsavanyították és ætherrel telítették, csapadék keletkezett, amely antitoxint nem tartalmazott. Most az

oldatot acetonnal ismét kicsapták. A csapadékot ætherrel mosták és beszáritás után ismét vízben oldották, amikor is egy rész oldatlan maradt. Az oldódó részt «serine»-nek nevezték el és ez teljes egészében tartalmazta az antitoxinokat.

Az a körülmény, hogy fermentumméreggel az amboceptorok megmérgezhethők, valamint, hogy a fermentelőállítási módoknál az amboceptor nem sérül, nagy valószínűséggel szól a hæmolysin lipaseszerű volta mellett. Ez annál is inkább valószínű, mert többféle beállítás mellett sikerült azt is kimutatnunk, hogy az amboceptor hatására a vörösvérsejtlipoidokból sav (zsírsav) keletkezik.

Egy előbbi közleményünkben lipase kimutatására oly eljárást írtunk le, amelynek lényege az volt, hogyha zsírra hat a lipase, akkor zsírsav keletkezik, amely zsírsav a hozzáadott natrium caseinicum oldatból kicsapja a caseint. Ezzel a caseines módszerrel sikerült a vörösvérsejtekből előállított lipoidokból keletkező savat kimutatnunk. Vörösvérsejteket előbb acetonnal, majd ætherrel extraháltunk. A kivonatokat bepároltuk és a maradékokat külön-külön *NaCl* vízben szuszpendáltuk. E szuszpenziókat részben hæmolyzáló nyúlsavóval, részben a fentebb ismertetett aceton-æther kicsapás után nyert hæmolysinnel és komplementumal hoztuk össze és félórai állás után caseinoldatot adtunk hozzá. Controlképpen beállítottuk ugyanezeket komplementum nélkül, valamint lipoidokat csak komplementummal. Több egyértelmű kísérlet szerint csakis ott keletkezett zsírsav és csapódott ki a casein, ahol vörösvérsejtlipoid, amboceptor és komplementum volt jelen. Sem a *komplementum* egyedül, sem az *amboceptor* egyedül nem termelt zsírsavakat, ami a casein kicsapódását előidézhette volna. Erősebb zavarodást kaptunk ott, ahol tisztított (aceton-æther-kicsapás utáni kivonat) amboceptorokkal dolgoztunk, mint a teljes savónál, aminek magyarázata, hogy a fehérjék is kötik a zsírsavakat és ahol több a fehérje, ott többet is kötött le a maga számára.

Egy esetben sikerült indikátorral is kimutatnunk a savtermelést. Aceton-æther vörösvérsejtextractumot hoztunk össze tisztított amboceptorokkal és komplementummal és methylvöröset cseppentve hozzá narancsszínű volt a folyadék; félórai 37°-os vízfürdön való állás után pirossá vált, mutatva a savtermelést.

Ez a savtermelés specifikus, nevezetesen ha choleravibriókból állítottunk elő lipidokat, ezekre nem hatott a hæmolysin.

Már most felvetődött az a kérdés, hogyha a hæmolysin lipase-szerű anyag, vajjon a sertéspankreasból előállított lipase oldja-e a vörösvérsejteket? E célból WILLSTÄTTER előírása szerint állítottunk elő igen hatásos lipaset. Azt tapasztaltuk, hogy a lipase sem a normális, sem az immunhæmolysinnel sensibilizált vörösvérsejteket nem oldotta sem komplementummal, sem a nélkül; ellenben ha monobutyrint és lipase + vörösvérsejteket hoztunk össze, teljes volt a lysis. A *monobutyrintből zsírsav keletkezett és ez oldotta a vörösvérsejteket*, amit az is elárult, hogy a hæmoglobinoldatnak erősen savhæmatin színe lett és érdekes, hogy a sensibilisált vörösvérsejtek jobban oldódtak, mint a nem kezelt vagy pedig normális nyúlsavóval kezelt vérsejtek. A kísérletet megismételtük tributyrinnel és ugyanazt az eredményt kaptuk.

Hogy itt tényleg zsírsavhatáson mult a hæmolysis, azt úgy igazoltuk, hogy lipaset hagytunk hatni monobutyrinre, illetőleg tributyrinre és azután adtuk hozzá a vörösvérsejteket, amikor is éppúgy beállt a hæmolysis, mint a fentebbi kísérletekben.

Ezt a kísérletet megismételtük lecithinsuszpenzióval is, amikor szintén azt tapasztaltuk, hogy a sensibilisált vörösvérsejtek könnyebben oldódtak, mint a normális vörösvérsejtek.

Mindezekből a kísérletekből csak az világlik ki, hogy a pankreaslipase nem azonos a hæmolysinnel, hogy a pankreaslipase csak úgy oldja a vörösvérsejteket, ha disponibilis zsír áll rendelkezésére; a vörösvérsejtekben levő lipidokat, ellentétben az igazi hæmolysinnel, nem tudja megtámadni; de nem is tudnak a vörösvérsejtek lipaset adszorbeálni, mint az egy másik kísérletünkéből kiderült. Pedig a lipase csak akkor hat zsírra, lipoidra, ha adszorbeáltatik és annál tökéletesebb a hatás, minél jobb az adszorbeálás. Hogy a vörösvérsejtek nem adszorbeálják a lipaset, azt úgy mutattuk ki, hogy mosott 5 %-os birkavérsuszpenzióhoz egyrészt hæmolysint, másrészt normális nyúlsavót adtunk és azután egyenlő mennyiségű lipaset, egy harmadik sorozatban pedig a lipaset ugyanolyan mennyiségű konyhasóvízzel hígítottuk. Egyórai állás után a vörösvérsejteket lecentrifugáltuk és a felül úszó folyadékot lipasera megtitráltuk és az

eredmény az volt, hogy benne a lipase titere nem változott. A pankreaslipase tehát nem azonos a hámolysinnel és amennyiben a hámolysin lipase, akkor az egy specifikus, a homolog vörösvérsejtekre beállított lipase. Mindenesetre kíváncsnak látszott a hámolysint még tovább is tisztítani és minthogy eddig mindazok a behatások, amelyek a lipasera nem voltak károsak, a hámolysint sem sértették, WILLSTÄTTER nyomán lipoidadsorptióval és a lipoidoknak zsiroidó szerekkel való eltávolításával kísérleteztünk.

Egy ccm immunsavót kétszer acetonnal és kétszer ætherrel extraháltunk, azután az æthert leszíva a csapadékot beszárítottuk és elporítottuk. Az így nyert por súlya 0.075 gr, holott a savó többnyire egytizedére szárad be, úgyhogy az aceton-ætherkezeléssel 25 mgr távolodik el a savóból. Az így nyert port éjjelen át destillált vízzel extraháltuk, azután erősen kicentrifugáltuk és a felül úszó folyadékhoz *glycerines cholesterin suspensiót* adtunk, erősen összeráztuk és adsorptio céljából 18 óráig jégen állni hagytuk. Ezután erősen kicentrifugáltuk, a felül meggyülemlő folyadékot a csapadékról leszívtuk és a *csapadékot destillált vízzel jól átmostuk*.

Az üledéket kétszer benzollal, egyszer aceton-benzolkeverékkel és azután ismét benzollal kimostuk. A benzollal való első mosás után még jócskán volt csapadék, az aceton-benzolban azután már a cholesterin mind kioldódott, úgyhogy centrifugálás után már alig van üledék és most benzollal még egyszer mosva, centrifugálás után csak minimális üledék maradt, ezt még kétszer átmostuk benzollal és azután megszáritottuk. Az így nyert sajátos fonalas (tükristályok?) anyag súlya 0.5 mgr; ebből 1 ccm *NaCl* vízben csak kevés oldódott. A maradékot exsiccátorban ismét beszárítottuk, annak súlya 0.4 mgr volt, úgyhogy végeredményben csak 0.1 mgr oldódott 1 ccm konyhasós vízben, ami már maga ezerszeres hígításnak felel meg. Az így nyert hámolysin még 16,000-szeres hígításban is teljesen hatásosnak bizonyult, vagyis 0.0001 gr 16 ccm *NaCl*-vízben oldva még hámolysált, míg a beszárított savóból 0.0001 gr csak 6.5 ccm *NaCl*-ben oldva volt még hatásos. Tehát ez az előállított anyag közel háromszor hatásosabb volt, mint az eredeti savó.

A következõ kísérletekben a hæmolsin tökéletesebb adsorbeálása céljából cholesterinen kívül még vörösvérsejtlipoidokat is használtunk adsorptióra. 2 ccm hæmolsáló savót kétszer 10 ccm acetonnal és kétszer 10 ccm ætherrel zsirtalanítottunk, megszáritás és porítás után 10 ccm destillált vízzel mozsárban eldörzsöltünk és hat órán át jégen extraháltunk, majd alaposan kicentrifugáltunk; közben 10 ccm mosott birkavért beszárítás után porítottunk és azután kétszer acetonnal 24 óráig és kétszer ætherrel melegen  $\frac{1}{2}$  óráig extraháltunk. A két kivonatot bepároltuk és a maradékot kevés (4 csepp) glycerinben suspendáltuk. Ugyancsak 0.30 gr cholesterint is suspendáltunk 10 csepp glycerinben. A zsirtalanított hæmolsáló serum-por desztillált vizes kivonatahoz (8 ccm) hozzáadjuk az egész vörösvérsejtlipoidot és még hat csepp cholesterinsuspensiót és egy óráig szobahõmérsékleten és éjjelen át jégszekrényben digeráljuk. Másnap erõs centrifugálással különválasztjuk a lipoidokat és cholesterint a folyadékból és dest. vízzel a csapadékot kimossuk (centrifugálással). Az üledéket egyszer benzollal, utána egyszer acetonnal, majd még kétszer benzollal mossuk. Az utolsó benzol leöntése és az üledék megszáritása után a centrifugacsõben ismét sajátos szálas anyag marad vissza, melynek súlya 0.4 mgr. ennek 2 ccm *NaCl*-vizben csak egy része oldódott.

Hæmolyzis-kísérletben az aceton-æther zsirtalanítás után készült deszt. vizes kivonat 1600-ig higitva teljesen, 3200-ig majdnem teljesen, ellenben 6400-as higitásban már nem oldott.

Ugyanez a folyadék lipoidadsorptió után csak 640-ig old.

Az adsorbatum benzolkezelés után szilárd anyagra vonatkoztatva 80,000-es higitásban teljes, 160,000-es higitásban mérsekelt és 320,000-es higitásban nyom-lyst adott.

A 0.4 mgr-ból azontan csak 0.133 mgr oldódott ki, úgy-hogy a mi megtisztított hæmolsinünk tulajdonképpen 240,000-szeres higitásban oldott, ami körülbelül most nyolcszoros titer-emelkedést jelent. Ugyanis a desztillált vizes kivonat 3200-ig oldott és ha felvesszük, hogyha beszárítjuk, egytizedére száradt volna be, akkor a száraz anyag csak 32,000-szeres higitásban oldott volna.

Ezek után nagyobb mennyiségû hæmolyzáló savóból (titere

1 : 5000) igyekeztünk hatásosabb tiszta hæmolysint előállítani. Ebből a célból 8 ccm savót csaptunk ki acetone-ætherrel a fenti leírás szerint. A kapott száraz anyag 0.48 gr volt. Ezt éjjelen át 40 ccm destillált vízzel extraháltuk és alaposan kicentrifugáltuk. A destillált vizes kivonatból pedig cholesterolin és vörösvérsejtlipoiddal adsorbeáltattuk ki a hæmolysint, majd a lipoidokat úgy, mint az előző kísérletekben benzol és acetonnal távolítottuk el. A *második benzolmosás után* kétféle csapadékot kaptunk, az egyik durvább szemcsékben vált ki, a másik igen finom pelyhekben és a kettő enyhe centrifugálással egymástól el volt különíthető. A durvább csapadékot még azután ætherrel háromszor átmostuk, megszáritás után súlya 4 mgr. A finom pelyhes csapadék súlya megszáradás után 1 mgr.

Ezek után külön-külön megtitráltuk az előállítás folyamán nyert anyagokat 1 : 30 hígítású komplementtel.

Az eredeti hæmolyszáló savó titere...	1 : 5000
Az acetone-æther-csapadékból nyert kivonat	1 : 5000
Adsorbeálás után a felül úszó folyadék...	1 : 500
A finompelyhű csapadék titere...	1 : 2.000,000
A durva csapadék titere...	1 : 500,000

Az eredeti serum hæmolysin egysége 0.2 mgr vagy száraz anyagban kifejezve 0.02 mgr.

Ezzel szemben a finompelyhű csapadék hæmolysinegysége 0.0005 mgr, más szóval a beszárított serum 1 mgr-ja tartalmaz 50 hæmolysinegységet, a tisztított hæmolysinünkből 1 mgr tartalmaz 2000 egységet, vagyis tisztított anyagunk az eredeti hæmolyszáló savónál 40-szerte hatásosabb, de ha tekintetbe vesszük, hogy a tisztított hæmolysinből nem is oldódik a teljes mennyiség konyhasós vízben, akkor még nagyobb titert kell tulajdonítani ennek az anyagnak.

Az így tisztított hæmolysin fajlagosságát megtartja. Birkavörösvérsejteket old, ellenben nyúl, tengerimalac és ember vörösvérsejtjeire hatástalan.

Előttünk már mások is foglalkoztak a hæmolysin megtisztításával. Így LIEBERMANN és FENYVÉSSY a sensibilisált vörösvérsejtekről savval hasították le a hæmolysint és bonyolult tisztí-



tási eljárás után olyan hæmolysint nyertek, amely fehérjementesnek bizonyult. Ezzel szemben a mi tisztított hæmolysinünk fehérjét tartalmaz, adja a MILLON-féle reactiót és sulfosalicylsavval gyengén zavaros lesz, ellenben a ninhydrinreactiót nem adja. Tekintettel azonban arra, hogy a LIERERMANN—FENYVESSY-féle hæmolysin csak 5-, illetőleg 10-szeres higitásban hatott, valószínűnek tartjuk, hogy az általuk előállított folyadék-hæmolysin már eleve erős higitású volt és talán csak azért nem adott fehérjereactiót.

A. LOCKE és E. HIRSCH vörösvérsejteket oldottak friss hæmolysinben és a leülepedett stromákból azok előzetes ætherkezelése után szintén savval hasították le a hæmolysint és így elég hatásos anyagot nyertek, amely fehérjét tartalmazott. Eljárásukat megismételtük, de hæmolysint csak alig tudtunk nyerni. Ezekkel az eljárásokkal szemben a mi eljárásunk igen egyszerű, könnyen véghezvihető és eddig még egyszer sem hagyott cserben. A másoktól eddig előállított immunanyagok mind folyadékban oldott anyagok, míg a mi tisztított hæmolysinünk száraz anyag, amely még kétségtelenül további tisztítást igényel, de így is egy tulajdonságát máris lerögzíthetjük: hogy makroszkopice sajátosságosan szálas viselkedésű és mikroskop alatt *tűszerű* kristályokat mutat.

Az ismertetett kísérletek eredményei: a hæmolysinnek fermentnéeggel szemben való viselkedése, savtermelés a vörösvérsejtlipoidokból és a tisztítás folyamán a lipasekkal való azonos viselkedése mind arra utalnak, hogy a hæmolysin a lipasek közé tartozik.

## VERSUCHE ZUR REINDARSTELLUNG VON HAEMOLYSIN AUS SERUM.

Von LUDWIG GÓZONY und FRANZ HOFFENREICH.

Fermentgifte, die die Lipasewirkung aufheben, üben auch auf Haemolysine eine hemmende Wirkung aus. Ausgehend von der Überlegung, dass zwischen Lipasen und Haemolysinen ein Parallelismus besteht, wurden Lipasedarstellungsmethoden auf Haemolysine angewendet. Das so dargestellte, gereinigte Haemolysin war 40-fach wirksamer, als das getrocknete Ausgangsserum. Das gereinigte Haemolysin ist eine kristallinische Trockensubstanz; es entwickelt Säure aus Blutkörperchenlipoiden, behält seine Spezifizität und ist nicht identisch mit Pankreaslipase.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. November 1928.)

# VIZSGÁLATOK EREDMÉNYE

## AZ ALFÖLDI HOMOKOS ERDŐTALAJOK BIOLÓGIAI TEVÉKENYSÉGÉRŐL.

A m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növénytani Intézetéből.

Írták: FEHÉR DÁNIEL és vitéz BOKOR REZSŐ.

### Bevezetés.

A Magyar Alföld homokos és szikes területein az erdőtelepítés és a fásítás, illetőleg ilyen területeknek erdőgazdasági célokra való hasznosítása a Csonkaország erdészetének egyik legfontosabb feladata, mert ezáltal sikerülni fog belátható időn belül jelentékeny, többek között másra egyáltalán nem vagy csak rendkívül extenzíven használt területeket jövedelmezővé tenni és ezzel párhuzamosan a Csonkaország fatermelését is növelni és így magunkat és a kereskedelmi mérlegünket oly súlyosan érintő fa-behozatal egyrészétől mentesíteni.

A kérdés gazdaságpolitikai vonatkozásait és jelentőségét KAÁN (I) utóbbi időben megjelent kiváló munkájában részletesen megvilágította. A magyar természettudományi kutatásnak a feladata most már, hogy azokat az általános biológiai vonatkozásokat felderítse, amelyek az Alföld fásításának gyakorlati keresztülvitelénél irányadóul szolgálhatnak.

A m. kir. bányamérnöki és erdőmérnöki főiskola Növénytani Intézetében már 1925. év óta folytatunk (II) idevonatkozó vizsgálatokat, amelyek eddig még csak a kérdés egyes részleteivel foglalkoztak és elsősorban a szikes talajok hasznosításánál felmerülő részletproblémákat igyekeztek megvilágítani. Hogy összefoglaló kiterjedtebb vizsgálatokat eddig nem sikerült lefoly-

tatnunk, annak oka főképpen abban rejlett, hogy az elmúlt évek rendkívül nehéz pénzügyi viszonyai a nagyobb szabású tudományos problémák vizsgálatát és kutatását úgyszólván teljesen lehetetlenné tették. Különösen nehéz volt a kutatás éppen ezen a téren, minthogy a megfelelő eredmények elérése céljából itt mindenekelőtt hosszú időt igénylő helyszíni megfigyelésekre van szükség, amelyeket azután megfelelő széles alapon felépített laboratóriumi vizsgálatoknak kell kiegészíteniök.

Ezen oknál fogva csak a legutóbbi években jutottunk abba a helyzetbe, hogy a rendelkezésünkre álló szerény anyagi eszközök szűk korlátai között az alföldi erdősítéssel kapcsolatos erdészettudományi, főképpen biológiai vizsgálatainkat szélesebb keretek között megkezdhessük. Az időközben a dunántúli erdőkben (III) lefolytatott vizsgálatok nagyon sok, az erdő életére vonatkozó általános biológiai probléma megoldását tették lehetővé, amelyeknek birtokában most már megkezdhattuk az alföldi erdőgazdasági problémák kutatását.

Ezen célból elsősorban a Duna-Tisza között fekvő homokos területen telepített erdők biológiai viszonyait vettük részletes vizsgálat és kutatás alá. E vizsgálatainknak, amelyekről most beszámolunk, a célja mindenekelőtt az volt, hogy általános tájékoztatást nyújtsanak az alföldi erdők biológiai viszonyairól és bizonyos mértékben megteremtsék a kapcsolatot az elmúlt években a dunántúli erdőkben lefolytatott vizsgálatok eredményeivel. Cé-lunk részletesen a következő volt:

a) A talajlélekzés és a levegő  $\text{CO}_2$  tartalmának a megá-lapítása összefüggésben a talaj biológiai tevékenységével.

b) A kérdéses erdőtalajok N-gazdálkodásának a megvizsgá-lása összefüggésben az erdőtalaj baktériumflórájával.

c) A számbajövő fontosabb klimatikus tényezőknek és a talaj állapotára jellemző tényezőknek vizsgálata a fenti két kérdéssel való összefüggésükben.

Ennek a munkálatnak a távolabbi célkitűzése pedig az, hogy a mostani tájékoztató vizsgálatok eredményeire támaszkodva igye-kezni fogunk további kutatásaink során az erdők állományát alkotó fák növekedési tényezőit és azok változását a földrajzilag elkülönülő vidékeken az alföldi erdőkben megállapítani és viszo-

nyítani az illető fafaj általános, eddig már ismert termőhely iránti igényeihez.

Másfelől pedig alapot adnak majd azoknak a kutatásoknak a végrehajtásához, amelyeknek feladata az alföldi homokos erdőtalajok és az őket borító állományok fafajainak biológiai kölcsönhatását kideríteni.

Tudatában vagyunk a kitűzött feladat nehézségeinek és terjedelmes voltának és éppen ezért azzal is tisztában vagyunk, hogy az idetartozó problémák megoldása még sok és hosszadalmas munkával fog járni. Éppen ezért ezen most közlendő vizsgálatainkat, amint már említettük, csak általános tájékoztató vizsgálatoknak tekintjük, hogy ezeknek az alapján további vizsgálatainkat a mutatkozó szükségesség és fontosság alapján mérlegelve teljes részletességgel lefolytathassuk.

### A vizsgálati módszerek leírása.

Mint az eddigi vizsgálatainknál, úgy itt is, a problémát a maga teljes egészében összes fontosabb vonatkozásaival egyetemben igyekeztünk megvizsgálni és e célból a kísérleti területeken a következő tényezőket mértük:

1. A levegő  $CO_2$  tartalmát 0.3 és 9.0 magasságban egyidejűleg, a LUNDEGARDH-féle  $CO_2$  készülékekkel (IV).
2. A talajlélekzést a FEHÉR által bevezetett eljárással (V).
3. A talaj összbaktérium számát, amely eljárásnál a gelatinán és az ágáron kitenyésztett baktériumokat összeszámoltuk, viszont az aerobokat az anaeroboktól különválasztottuk (VI).
4. A talaj baktériumtartalmát fiziológiai csoportok szerint egy a BOKOR által kidolgozott eljárás szerint mértük (VII).
5. A talaj össznitrogén tartalmát a KJELDAHL-féle készülékkel állapítottuk meg és pedig a GUNNIN-ATTERBERG-féle eljárás szerint (VIII).
6. A talaj nitrátnitrogén tartalmát a WHITING, RICHMOND, SCHOONOWER eljárás szerint határoztuk meg (IX).
7. A humusztartalom megállapítását káliumbikromát segítségével elégetés útján eszközöltük (X).
8. A fényintenzitást a szabadban és az erdőben az EDER-

HECHT-féle photométerrel mértük. Ebből a két adatból számítottuk azután ki BUNSEN-ROSCOE-egységek segítségével az erdőben levő fényintenzitást a szabadban mért fény mennyiség %-ában. A grafikonokon egyszerűség kedvéért az erdőben és a szabadban mért fényintenzitást a fotometer osztásrészeivel fejeztük ki, mindig egy pernyi megfigyelési időt véve alapul. Ezekből az adatokból azután a BUNSEN-ROSCOE-féle egységeket esetről-esetre ki lehet számítani (XI).

9. A talaj hőmérsékletét,

10. a léghőmérsékletet,

11. a szél erősséget és

12. a páratartalmat hitelesített regisztráló műszerekkel mértük.

13. A talaj reakcióját kifejező *ph*-értékeket elektrometrikus úton mértük és a mérés céljaira egy saját szerkesztésű műszert használtunk, amelyet időnként a MISLOWITZER-féle készülékkel hitelesítettünk (XII).

### A kísérleti területek leírása.

A vizsgálatok során felvettünk négy állandó jellegű kísérleti területet, amelyek a következők:

#### *Kecskemét. I. sz. kísérleti terület.*

A gazdasági osztály. 4. szikrai csoport. I. vágáscsoport: szikrai nagyerdő. 2. tag (bibicháti *belső* erdő). 21. erdőrészlet. Terület 76·6 k. hold. Talaj: homok; a felület homokbuckáktól hullámos. Termőhelyi osztály II. Főfaj: ákác 1·0, elszórtan nyár, kor 12 év,  $s = 0·8$ ,  $ph = 6·58$ . Sarjerdő. Aljnövényzet: fiatal ákácgyökérsarjak és különféle fűfélék, kevés *Euphorbia cyparissias*, *Polygonatum officinale*, *Asparagus* sp.

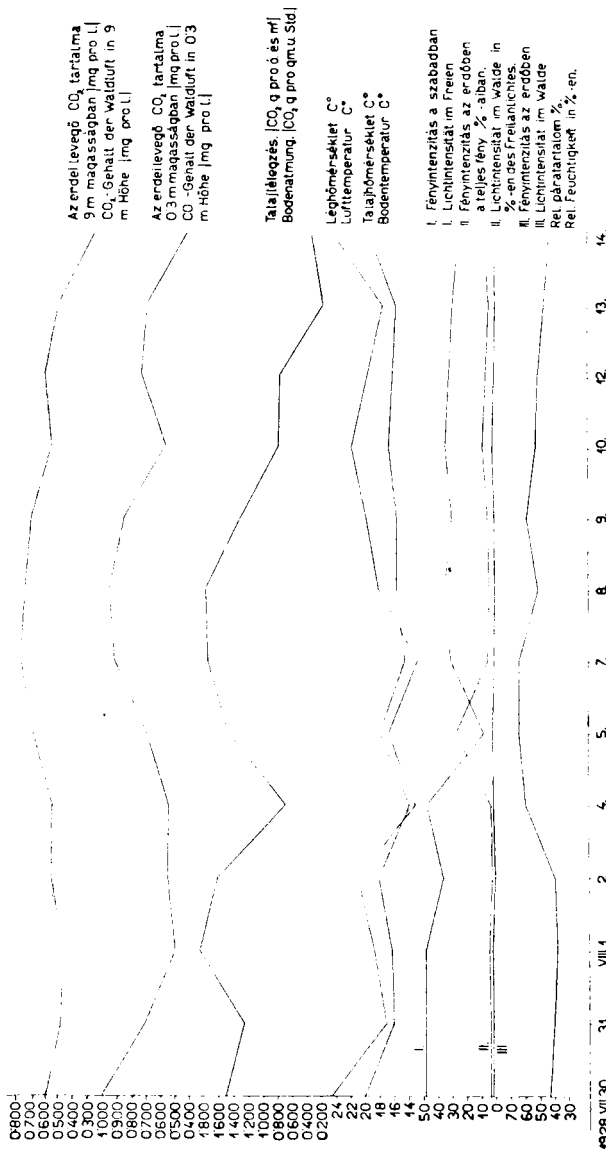
A mérési eredményeket az 1. számú grafikon és az 1. számú táblázat tartalmazza.

#### *Kecskemét. II. sz. kísérleti terület.*

A gazdasági osztály. 4. szikrai csoport. I. vágáscsoport: szikrai nagyerdő. 1. tag (bibicháti *külső* erdő). 1. erdőrészlet. Terület: 49·6 k. hold. Talaj: homok. Termőhelyi osztály I. Fa-

KECSKEMÉTI I. SZ. KÍSÉLETI TERÜLET  
KECSKEMÉTI VERSUCHSFLACHE NG I.

1. SZ. GRAFIKON  
ABBILDUNG NR 1.



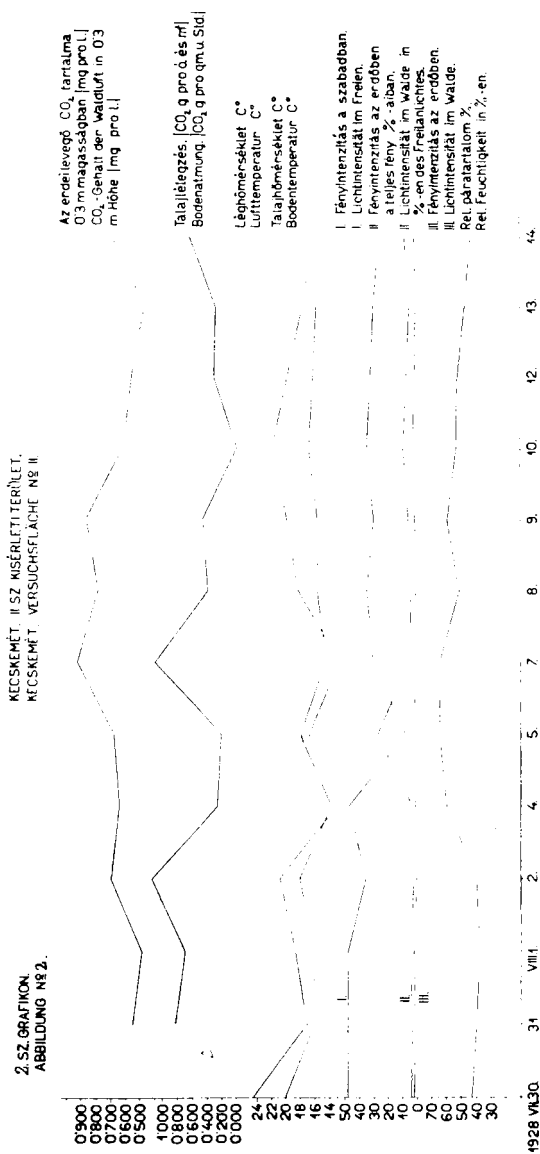
1. ábra. \*

\* Lupa alkalmazandó.

I. sz. táblázat. — Tabelle Nr. 1.  
Kecskemét. I. sz. kísérleti terület. — Kecskemét. Versuchsfliche Nr. I.

	1928 VII. 30.	31.	VIII. 1.	2.	4.	5.	7.	8.	9.	10.	12.	13.	14.	Átlag Durchschnitts- werte
1. Az erdei levegő $(CO_2)$ tartalma 9 m magasságban (mg pro l.) $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 9 m Höhe (mg pro l.)	0.587	0.486	0.473	0.560	0.560	0.700	0.792	0.768	0.730	0.590	0.646	0.551	0.302	0.596
2. Az erdei levegő $CO_2$ tartalma. 0.3 m magasságban (mg pro l.) $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 0.3 m Höhe (mg pro l.)	1.009	0.704	0.500	0.557	0.557	0.716	0.943	0.985	0.889	0.599	0.776	0.739	0.452	0.725
3. Talajlelektés $(CO_2 \text{ g pro } \delta, \text{ és m}^2)$ Bodenatmung $(CO_2 \text{ g pro qm und Stcl})$	1.500	1.251	1.871	1.629	0.705	1.503	1.797	1.829	1.556	0.841	0.831	0.232	0.400	1.211
4. Légkörmérséklet $Co^\circ$	24.6	17.0	18.7	21.0	13.2	17.0	13.0	18.5	20.2	22.3	20.2	18.0	25.0	19.1
5. Talajkörmérséklet $Co^\circ$	20.0	16.0	16.3	18.2	14.0	18.2	14.8	16.0	16.0	17.2	16.6	16.2	20.0	17.6
6. Fényintenzitás a szabadban Lichtintensität im Freien	48.3	48.3	48.3	36.5	48.3	8.9	31.7	36.5	31.7	36.5	34.1	31.7	27.5	36.0
7. Fényintenzitás az erdőben a teljes fény %-ában Lichtintensität im Walde in % des Freilandlichtes	3.9	3.9	4.5	2.6	3.9	28.4	6.0	5.2	6.9	10.6	8.1	6.0	9.2	7.6
8. Fényintenzitás az erdőben Lichtintensität im Walde	1.9	1.9	2.2	0.9	1.9	2.5	1.9	1.9	2.2	3.8	2.7	1.9	2.5	2.1
9. Relatív páratartalom % Rel. Feuchtigkeitt in % 0-en	43	40	38	40	60	65	65	52	60	54	53	48	44	51





2. ábra.

2. sz. táblázat. — Tabelle Nr. 2.  
Kecskemét. II. sz. kísérleti terület. — Kecskemét. Versuchsfäche Nr. II.

	1928 VII. 30.	31.	VIII. 1.	2.	4.	5.	7.	8.	9.	10.	12.	13.	14.	Átlag Durchschnitts- werte
1. Az erdei levegő $CO_2$ tartalma 0-3 m magasságban (mg pro l.) $CO_2$ Gehalt der Waldluft in 0-3 m Höhe (mg pro l.)	—	0-352	0-490	0-710	0-655	0-696	0-954	0-816	0-899	0-646	0-590	0-502	0-737	0-687
2. Talajlélekzés ( $CO_2$ g pro $\delta$ m <sup>2</sup> ) Bodenatmung ( $CO_2$ g pro qm und Std.)	—	0-832	0-710	1-161	0-277	0-233	1-139	0-430	0-511	0-028	0-357	0-335	0-710	0-560
3. Lég hőmérséklet $^{\circ}C$ Lufttemperatur $^{\circ}C$	24-6	17-0	18-7	21-0	13-2	17-0	13-0	18-5	20-2	22-3	20-2	18-0	25-0	19-1
4. Talaj hőmérséklet $^{\circ}C$ Bodentemperatur $^{\circ}C$	20-0	16-0	16-3	18-2	14-0	13-2	14-8	16-0	16-0	17-2	16-6	16-2	20-0	17-6
5. Fényintenzitás a szabadban Lichtintensität im Freien	48-3	48-3	48-3	36-5	48-3	8-9	31-7	36-5	31-7	36-5	34-1	31-7	27-5	36-0
6. Fényintenzitás az erdőben a teljes fény %-ában Lichtintensität im Walde in % des Freilandlichtes	3-9	3-9	4-5	2-6	3-9	28-4	6-0	5-2	6-9	10-6	8-1	6-0	9-2	7-6
7. Fényintenzitás az erdőben Lichtintensität im Walde	1-9	1-9	2-2	0-9	1-9	2-5	1-9	1-9	2-2	3-8	2-7	1-9	2-5	2-1
8. Relatív páratartalom % Rel. Feuchtigkeit in %	43	40	38	40	60	65	65	52	60	5-4	53	48	44	51

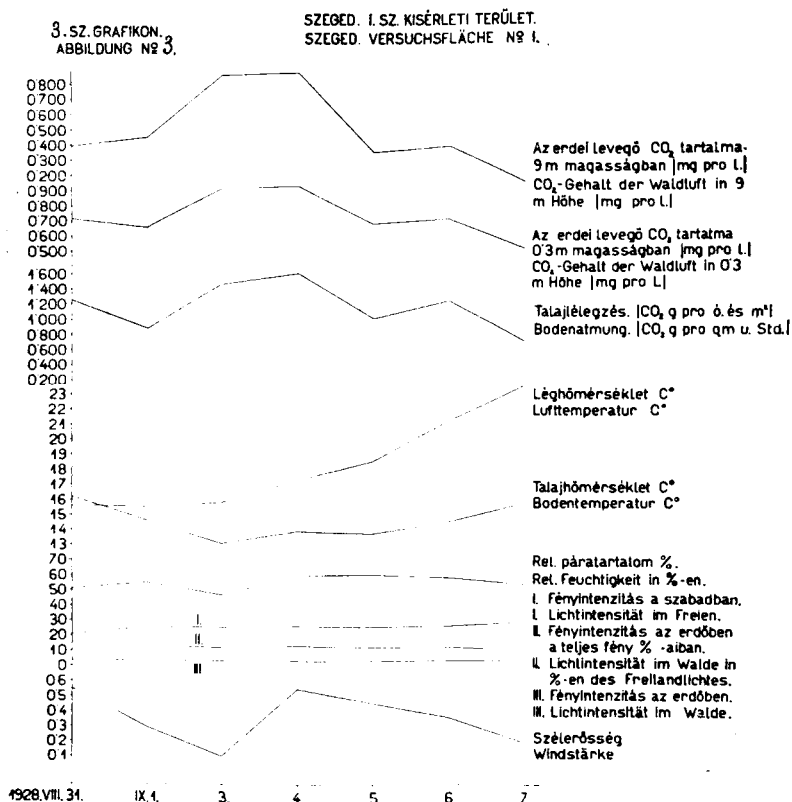
faj: ákác 1·0 elszórtan nyár. Kor 23 év,  $s = 0·9$ ,  $ph = 6·4$ . Aljnövényzet mint az I. számúnál.

A mérés eredményeit a 2. számú grafikon és a 2. számú táblázat mutatja,

*Szeged. I. sz. kísérleti terület.*

Szeged városi erdő. Lázárerdő. Talaj: homok gyenge emelkedésű buckákkal. Fafaj: ákác 1·0. Kor: 17 év,  $s = 0·9$ ,  $ph = 6·17$ . Aljnövényzet gyér, Anthriscus trichospermus, Equisetum ramosissimum; a talaj vastag lombtakaróval van borítva. Az ákác növekedése kifogástalan.

A mérési eredményeket a 3. számú grafikon és a 3. számú táblázat tünteti fel.



3. ábra.

**3. sz. táblázat. — Tabelle Nr. 3.**  
*Szeged. I. sz. kísérleti terület. — Szeged. Versuchsfläche Nr. I.*

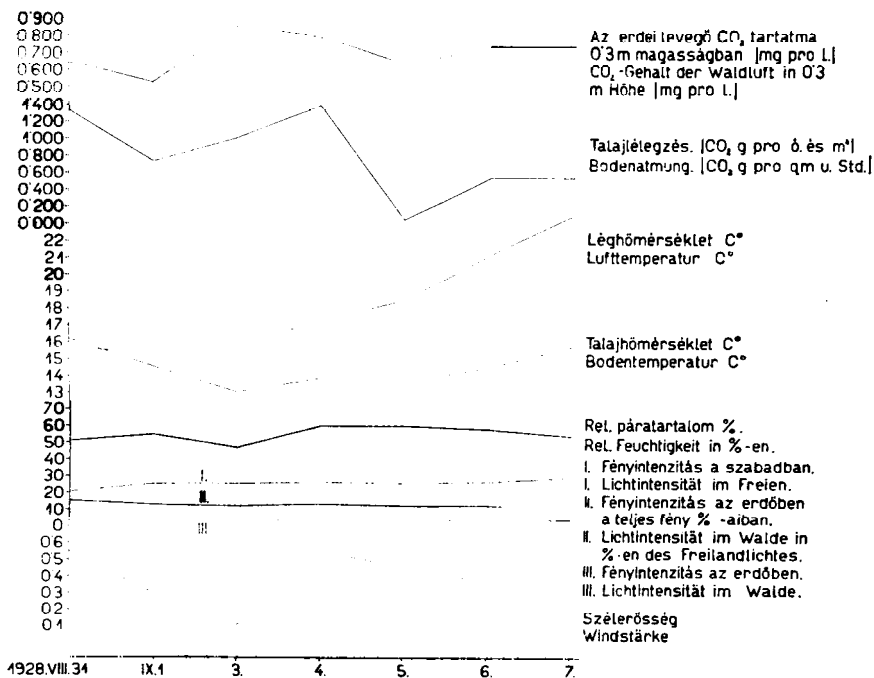
		1928 VIII. 31.	IX. 1.	3.	4.	5.	6.	7.	Átlag Durchschnitts- werte
1.	Az erdei levegő $CO_2$ tartalma 9 m magasságban (mg pro l.) $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 9 m Höhe (mg pro l.)	0.394	0.447	0.851	0.865	0.344	0.385	0.150	0.491
2.	Az erdei levegő $CO_2$ tartalma 0.3 m magasságban (mg pro l.) $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 0.3 m Höhe (mg pro l.)	0.716	0.659	0.911	0.925	0.677	0.709	0.512	0.729
3.	Talajlélekzés ( $CO_2$ g pro ó. és $m^2$ ) Bodenatmung ( $CO_2$ g pro $qm$ u. Std.)	1.227	0.881	1.462	1.600	1.105	1.244	0.715	1.182
4.	Lég hőmérséklet $C^\circ$ — — — — — Lufttemperatur $C^\circ$ — — — — —	15.6	15.2	15.8	17.3	18.5	21.2	23.6	18.1
5.	Talaj hőmérséklet $C^\circ$ — — — — — Bodentemperatur $C^\circ$ — — — — —	16.2	14.6	13.1	13.9	13.7	14.5	15.8	14.5
6.	Relatív páratartalom % — — — — — Rel. Feuchtigkeit in %-en — — — — —	51	55	47	60	60	58	54	55
7.	Fényintenzitás a szabadban — — — — — Lichtintensität im Freien — — — — —	20.8	25.7	25.7	26.2	25.7	26.2	29.0	25.6
8.	Fényintenzitás az erdőben a teljes fény %-aiban — — — — — Lichtintensität im Walde in %-en des Freilandlichtes — — — — —	15.3	13.1	12.2	13.3	12.2	12.3	10.0	12.6
9.	Fényintenzitás az erdőben — — — — — Lichtintensität im Walde — — — — —	3.3	3.3	3.2	3.3	3.2	3.1	3.2	3.2
10.	Szél erősség — — — — — Windstärke — — — — —	0.55	0.30	0.10	0.55	0.46	0.36	0.19	0.36

*Szeged. II. sz. kísérleti terület.*

Szeged városi erdő. Bedőliget. Talaj: homok. Fafaj: fekete-fenyő 10, kor 43 év,  $s = 0.9$ ,  $ph = 6.35$ . Aljnövényzet nincs, a talaj vastagon fenyőtűtakaróval van fedve. Az állomány növekedése kifogástalan, a törzsek normálisak, a feltisztulás beavatkozás nélkül megtörtént.

4. SZ. GRAFIKON.  
ABBILDUNG N<sup>o</sup> 4.

SZEGED. II. SZ. KÍSÉRLETI TERÜLET.  
SZEGED. VERSUCHSFLÄCHE N<sup>o</sup> II.



4. ábra.

A mérés eredményeit a 4. számú grafikon és a 4. számú táblázat tartalmazza.

E négy kísérleti terület biológiai adatait összesítve az 5. számú táblázat tünteti fel.

Ezen a négy területen huzamosabb ideig végeztünk meg-

4. sz. táblázat. — Tabelle Nr. 4.

Szeged. II. sz. kísérleti terület. — Szeged. Versuchsfäche Nr. II.

		1928 VIII. 31.	IX. 1.	3.	4.	5.	6.	7.	Átlag Durchschnitts- werte
1.	Az erdei levegő $CO_2$ tartalma 0·3 m magasságban (mg prol.) $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 0·3 m Höhe (mg pro l.)	0·649	0·531	0·863	0·796	0·640	0·740	0·740	0·708
2.	Talajlélekzés ( $CO_2$ g pro ó. és m <sup>2</sup> ) Bodenatmung ( $CO_2$ g pro qm und Std.)	0·803	1·336	0·737	1·088	1·387	0·043	0·540	0·847
3.	Lég hőmérséklet C° ... .. Lufttemperatur C°	15·6	15·2	15·8	17·3	18·5	21·2	23·6	18·1
4.	Talaj hőmérséklet C° ... .. Bodentemperatur C°	16·2	14·6	13·1	13·9	13·7	14·5	15·8	14·5
5.	Relatív páratartalom % ... .. Rel. Feuchtigkeit in %-en	51	55	47	60	60	58	54	55
6.	Fényintenzitás a szabadban ... Lichtintensität im Freien	20·8	25·7	25·7	26·2	25·7	26·2	29·0	25·6
7.	Fényintenzitás az erdőben a teljes fény %-aiban ... .. Lichtintensität im Walde in %-en des Freilandlichtes	15·3	13·1	12·2	13·3	12·2	12·3	10·0	12·6
8.	Fényintenzitás az erdőben ... Lichtintensität im Walde	3·3	3·3	3·2	3·3	3·2	3·1	3·2	3·2
9.	Szél erősség ... .. Windstärke	0·55	0·30	0·10	0·55	0·46	0·36	0·19	0·36

figyeléseket az összes számbajövő faktorok mérésével és a fenti vizsgálatok befejezése után is folytatjuk rajtuk állandó jellegű megfigyeléseinket. Ezt már csak azért is szükséges megtennünk, minthogy amint éppen FEHÉR legutolsó munkái (XIII) világosan igazolják, a talajlélekzésnek, továbbá a talaj össznitrogén és nitrát-nitrogén tartalmának adatai évszakonként erős változásnak vannak alávetve, úgyhogy a helyes kép kialakítása szempontjából feltétlenül szükséges a megfigyeléseket huzamosabb időn keresztül lefolytatni.

Tekintettel azonban jelen vizsgálataink általános tájékoztató jellegére, összehasonlítás céljából szükségesnek mutatkozott még néhány alföldi erdőtípusnak talajbiológiai vizsgálata, kapcsolatosan a talaj össznitrogén tartalmának mérésével. Ezek az erdőtípusok a következők:

A) *Szegedvidéki erdők.* Pillich erdő. 2. tag. Fafaj: ákác. Kor: 19 év,  $s = 0.8$ . Átlagos magasság 17.5 m. Talaj: homok, amely lombtakaróval fedett és jó humuszképződést mutat. Aljnövényzet vezérnövénye: *Urtica dioica* és *Anthriscus trichospermus*.

B) Fenti (A) területtel összefüggő, vele teljesen egykorú és ugyanazon módon ápolt állomány, ahol a termőhelyi tényezők azonosak, az állomány mégis rossz növekedést mutat, kigyérül és magassága a 12 m-t nem haladja meg. Kor = 19 év,  $s = 0.6$ . Különbség mutatkozik az aljnövényzetben is. Vezérnövényei: *Poa angustifolia*, *Euphorbia cyparissias*. Néhány *Festuca pseudovina* és *Triticum repens*.

Szeged vidékének másik részén ugyancsak vizsgálat alá vettük egy jobb és egy rosszabb ákácállomány talaját egyrészt, hogy egymással, másrészt, hogy A) és B) jelzésű területtel összehasonlíthassuk. Ezek a következők:

C) Alsó ásatthalmi erdő. 4. tag. Talaj: futóhomok. Faja: ákác igen gyenge növekedésben, a tuskók javarésze ki sem sárgadt. Kor = 7 év,  $s = 0.2$ ,  $ph = 6.39$ . Aljnövényzet nagyon gyér. Vezérnövények: *Fumana vulgaris*, *Festuca vaginata*, gyérebben előfordulók: *Silene otites*, *Centaurea Tauscheri*, *Alkanna tinctoria*, *Euphorbia Gerardina*, *Stipa capillata*. Lombtakaró nincs, a csupasz homok nagy foltokban tör elő.

## 5. sz. táblázat.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A kísérleti terület jele Bezeichnung der Versuchsfläche	Baktériumok száma* Zahl der Bakterien								
	Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen	N.-kötők N.-bindende	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Cellulóz bontó Zellulosezerstörer	Aerob karbamidbontó Aerobe Harnstoffvergärer	Anaerob vajsavbontó Anaerobe Buttersäurebakterien
Kecskemét, I. sz. k. t. « Versuchsfläche I.	5.800,000	7.000,000	12.800,000	110	100,000	10,000	30,000	10,000	1.000,000
Kecskemét, II. sz. k. t. « Versuchsfläche II.	4.800,000	2.900,000	7.700,000	10	100,000	10,000	16,000	10,000	100,000
Szeged, I. sz. k. t. 0—20 cm mélységb. Szeged, Versuchsfläche I. Tiefe 0—20 cm	6.600,000	1.400,000	8.000,000	1100	100,000	10,000	30,100	10,000	100,000
Szeged, I. sz. k. t. 20—40 cm mélységb. Szeged, Versuchsfläche I. Tiefe 20—40 cm	3.800,000	2.600,000	6.400,000	100	10,000	100,000	14,000	10,000	1,000
Szeged, II. sz. k. t. 0—20 cm mélységb. Szeged, Versuchsfl. II. Tiefe 0—20 cm	6.400,000	1.500,000	7.900,000	200	100,000	10,000	21,000	10,000	100,000
Szeged, II. sz. k. t. 20—40 cm mélységb. Szeged, Versuchsfl. II. Tiefe 20—40 cm	2.500,000	800,000	3.300,000	—	1,000	1,000	101,000	100	10,000

\* 1 g nedves földre vonatkoztatva. — pro g feuchter Erde.





6. sz. táblázat.

1  Kísérleti terület Versuchsfläche	2	3	4	5	6	7	8
	Baktériumok** — Bakterien pro g feuchter Erde			N-kötő N-bindende	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Talajlélekezés (g pro ó. és m <sup>2</sup> ) Bodenatmung (g pro m <sup>2</sup> und Stunde)
	Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen				
Kecskemét Nr. I. { Akác* Robinie	5.800,000	7.000,000	12.800,000	110	100,000	10,000	1·211
Kecskemét Nr. II. { Akác* Robinie	4.800,000	2.900,000	7.700,000	10	100,000	10,000	0·560
Szeged Nr. I. { Akác* Robinie	6.600,000	1.400,000	8.000,000	1,100	100,000	10,000	1·182
Szeged Nr. II. { Feketefenyő* Schwarzkiefer	6.400,000	1.500,000	7.900,000	200	100,000	10,000	0·847
Kiskomárom { Erdeifenyő Kiefernwald	9.000,000	2.000,000	11.000,000	10,010	10,000	100,000	0·879
Kiskomárom { Tölgyes Eichenwald	36.000,000	8·800,000	44.800,000	5,100	10,000	100,000	1·057
Lucfenyő a főiskolán Fichtenwald an der Hochschule	8.000,000	1.800,000	9.800,000	1,100	1,000	10,000	0·924
Hallands Väderö { Bükkös* Buchenwald	11.500,000	3.000,000	14.500,000	10,010	10	10,000	0·870
Hallands Väderö { Erdeifenyő* Kiefernwald	2.950,000	500,000	3.450,000	100	—	10,000	0·298
Hallands Väderö { Égererdő Erlenwald	5.700,000	5.000,000	10.700,000	1,000	10	10,000	0·237
Ágfalvai sarjerdő Niederwald bei Ágfalva	10.000,000	2.000,000	12.000,000	1,100	1,000	10,000	—
Ágfalvai lucos Fichtenwald bei Ágfalva	8.150,000	950,000	9.100,000	2,000	1,000	10,000	—

\* Homoktalaj. — Sandboden.

\*\* 1 g nedves talajra vonatkoztatva.

Tabelle Nr. 6.

9	10	11	12	13	14	15	16
CO <sub>2</sub> tartalom 0-3 m magasságban (mg pro l.) CO <sub>2</sub> -Gehalt in 0-3 m Höhe (mg pro l.) (Durchschnittsw.)	CO <sub>2</sub> tartalom 3 m magasságban (mg pro l.) CO <sub>2</sub> -Gehalt in 3 m Höhe (mg pro l.)	CO <sub>2</sub> tartalom 9 m magasságban (mg pro l.) CO <sub>2</sub> -Gehalt in 9 m Höhe (mg pro l.)	Humusztartalom % Humusgehalt %	Ph	Összes N. (g pro g) Gesamt N. (g pro g)	Nitrát N. (g pro g) Nitrat-N. (g pro g)	A megfigyelés időpontja Beobachtungszeit
0-725	—	0-596	1-65	6-58	0-00145	0-0000478	1928. VII. 30.—VIII. 14. 30. VII.—14. VIII. 1928.
0-687	—	—	1-40	6-40	0-000734	0-0000758	“ “
0-729	—	0-491	1-47	6-17	0-000303	0-0000975	1928. VIII. 31.—IX. 7. 31. VIII.—7. IX. 1928.
0-708	—	—	1-35	6-35	0-000516	0-0000617	“ “
0-901	0-745	0-628	0-81	5-4	0-00194	0-0000182	1927. VII. 26.—VIII. 8. 26. VII.—8. VIII. 1927.
0-843	0-732	0-478	0-73	5-2	0-0033	0-000027	1927. VII. 15.—VII. 25. 15. VII.—25. VII. 1927.
—	0-935	—	1-90	6-74	0-0022	0-000030	1928. VIII. 1.—VIII. 31. 1. VIII.—31. VIII. 1928.
0-779	0-748	0-669	4-2	5-2	—	—	1926. VII. 14.—VIII. 3. 14. VII.—3. VIII. 1926.
0-707	0-677	0-627	0-5	4-2	—	—	1926. VIII. 28.—IX. 11. 28. VIII.—11. IX. 1926.
0-641	0-578	0-537	8-6	4-1	—	—	1926. VI. 19.—VII. 7. 19. VI.—7. VII. 1926.
—	—	—	2-61	5-94	0-0020	0-000030	1928. VIII. 1.—VIII. 31. 1. VIII.—31. VIII. 1928.
—	—	—	3-55	6-32	0-0020	0-000030	“ “

D) Lázárerdő. Talaj: futóhomok. Fafaj: *ákác* jó növekedésben. Kor: 18 év,  $s = 0.9$ , átlagos magasság = 17 m. Aljnövényzet nagyon gyér: *Anthriscus trichospermus*; a talaj lombtakaróval fedett.

Fenti meggondolás alapján vizsgálat alá vontuk egy jobb és egy rosszabb növekedésű *feketefenyő*-állomány talajbiológiai viszonyait. Ezek a következők:

F) Bilischi erdő. 4. tag. Talaj: futóhomok (kifúvott rész). Fafaj: magától kigyérült ágas, rossz növekedésű *feketefenyő*-állomány,  $s = 0.6$ , kor = 32 év. Talajtakaró túalom. Aljnövényzet ritka: *Calamagrostis epigeios* és *Salix rosmarinifolia*, amelyek feljegyzés szerint a telepítés előtt az egész területet borították.

G) Bilischi erdő. Talaj: futóhomok vastag humuszréteggel. Fafaj: *feketefenyő*,  $s = 0.8$ . Az állomány szép növekedést mutat, a törzsek normális fejlődésűek. Aljnövényzet gyér *Hieracium umbellatum*.

Bizonyos érdeklődésre tarthat számot a következő két terület, (öttömösi pusztán mellett), amelyeknek ákással való beerdősítése eddig sikertelen maradt. Ezek közül az egyik: H) teljesen kopár, a másik J) hangalevelű naprórsával (*Fumana vulgaris* Spach.) van fedve.

K) Érdeklődésénél fogva feldolgoztuk a felsőásotthalmi természeti emlék *ákác*-, *tölgy*-, *szil*- és *köris*ből álló nagyon szép növekedésű idős állomány adatait, amely televénydús homokon áll és azon a vidéken páratlan a maga nemében.

Az A—K jelzésű talajokra vonatkozó biológiai adatokat a 7. számú táblázat foglalja magában.

### A vizsgálatok eredményeinek összehasonlító tárgyalása.

Amint a közölt grafikonok és táblázatok alapján az eredmények világosan mutatják, az alföldi homokos erdőkben is határozottan sikerült kimutatni, hogy az erdei levegő  $CO_2$  tartalma, amely pedig a fák szénnel való gazdálkodása, illetőleg az asszimiláció szempontjából kiválóan fontos szerepet játszik, túlnyomó részben a talajlélekezésnek a terméke és időbeli változásai a talajlélekezés változásaival okozatilag összefüggnek.

Ha most már a talajlélekzés mérvét egyenkint szemügyre vesszük és a kötött talajú területeken végzett vizsgálatok eredményeivel összehasonlítjuk, amelyhez az eredmények általánosítása szempontjából a svédországi erdőkben végzett kísérletek eredményeit is hozzávesszük (II), akkor arra a meglepő eredményre jutunk, hogy az alföldi homokos talajok biológiai tevékenysége a  $CO_2$  termelés szempontjából sok tekintetben kedvezőbb, mint a kötött erdőtalajok hasonló működése. Áll ez elsősorban a  $CO_2$  produkció intenzitására, sőt bizonyos tekintetben a talajok baktériumtartalmára is. A homokos erdőtalajok élénkebb tevékenysége és az ezzel kapcsolatos  $CO_2$  termelés okaira már 1926-ban Bokor (XIV) is rámutatott a hallands-väderői erdőtalajok biológiai analizisének az elvégzésénél. Homokos erdőtalajokban ugyanis a talajnak levegőkapacitása és általában a talajnak a szellőzése és  $O$ -nel való ellátása sokkal kedvezőbb, mint a kötött talajokban. Éppen ezért már az eddigiek alapján is megállapíthatjuk, hogy a baktériumflóra kifejlődése és a vele kapcsolatos  $CO_2$  lélekzés semmi tekintetben sem marad a kötött talajok hasonló tevékenysége mögött. Ezt az összehasonlítást egyébként a 6. számú összehasonlító táblázat világosan mutatja.

Tájékozásul megjegyezzük még, hogy amint a táblázatból is kitűnik, éppen FEHÉR II. és III. idézett munkáinak a tanulsága alapján csak a közel hasonló időszakban végzett mérési eredményeket vettük alapul, hogy ezáltal az időszaki változások tekintetében hibát ne kövessünk el.

Rendkívül érdekes jelenség, hogy habár a homokos erdőtalajok baktériumflórája számbelileg általában a kötött talajok baktériumflórája mögött áll, mégis a baktériumműködés intenzitása jelentékenyen nagyobb a homokos, mint a kötött talajokon. Ez a jelenség kétségtávol azzal magyarázható, hogy a homokos erdőtalajokban a nagyobb levegőkapacitás folytán a talajok szellőzőtsége kedvezőbb, ennek következtében az  $O$  körforgása meggyorsabbodik és végeredményben ez a jelenség azután a baktérium lélekzésének intenzitását jelentékeny mértékben növeli.

Ami most már a  $N$ -gazdálkodás általános lefolyását illeti: várakozásunknak megfelelően arra a rendkívül érdekes eredményre jutottunk, hogy általában a homokos talajoknak össz-

## 7. sz. táblázat.

*Szegedvidéki talajok.*

1	2	3	4	5	6	7	8
A kísérleti terület jelzése Bezeichnung der Versuchfläche	Baktériumok száma* Zahl der Bakterien*			N-körök N-bindende	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Cellulóz-bontó Cellulosezerstörer
	Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen				
A { Akác Robinie	12.000,000	2.100,000	14.100,000	1.000	10,000	10,000	11,000
B { Akác Robinie	2.900,000	1.200,000	4.100,000	1	100	100,000	1,100
C { Akác Robinie	2.480,000	500,000	2.980,000	0	0	100,000	10,100
D { Akác Robinie	9.500,000	2.000,000	11.500,000	110	10,000	1,000	101,000
F { Feketefenyő Schwarzkiefer	1.800,000	1.200,000	3.000,000	0	100	10,000	11,000
G { Feketefenyő Schwarzkiefer	2.600,000	2.400,000	5.000,000	10	100	100	100,000
H { Kopár Ödland	540,000	400,000	940,000	0	1	1,000	110
I { Kopár Fumanával Ödland mit Fumana	2.500,000	100,000	2.600,000	0	100	10,000	11,000
K { Természeti emlék Naturschutzpark	11.000,000	3.000,000	14.000,000	110	100,000	100,000	40,000

\* 1 g nedves földre vonatkoztatva — pro g feuchter Erde.

Tabelle Nr. 7.

*Böden aus der Umgebung von Szeged.*

9	10	11	12	13	14	15	16
Aerob karbamidbontó Aerobe Harnstoffvergärer	Anaerob vájsavbontó Anaerobe Buttersäure- bazillen	Aerob cellulózlebontó gomba Aerobe cellulósezsetződen Pilze	<i>D/h</i>	Humusztartalom % Humusgehalt %	Összes N. (g pro g) Gesamt-N. (g pro g)	Nitrát-N. (g pro g) Nitrat-N. (g pro g)	A meghatározás időpontja Zeitpunkt der Bestimmung
10,000	100,000	10,000	6·7	1·65	0·000832	0·0000540	1928. IX. 12. 12. IX. 1928.
100	100	1,000	6·38	1·05	0·000150	0·0000120	„
1,000	10,000	10,000	6·39	0·33	0·000334	.. **	„
100,000	1,000	10,000	6·61	0·58	0·000568	0·0000181	„
100	1,000	10	6·43	0·14	0·000640	0·0000105	„
100	1,000	10,000	6·63	1·87	0·000960	0·0000198	„
0	0	100	6·30	**	0·000124	0·0000000	„
10,000	1,000	1,000	6·20	..**	0·000310	0·0000098	„
1·000,000	100,000	100,000	6·70	..**	0·000920	0·0000510	„

\*\* A meghatározás technikai okok miatt elmaradt. -- Aus technischen Gründen ausgefallen.

nitrogén tartalma alatta marad a kötött erdőtalajok összes nitrogénmennyiségének. Ezzel ellentétben a homokos talajok jó szellőzősége következtében a nitrifikáció folyamata sokkal élénkebb, mint a kötött erdőtalajokban. Ez a körülmény élénken kifejezésre jut, ha a 6. számú táblázatban az alföldi homokos talajok össznitrogén és nitrátnitrogén tartalmát összehasonlítjuk a kötött talajokon álló erdők hasonló adataival. E mellett mint jellemző tényrt óhajtjuk megemlíteni, hogy Szegeden, ahol a fekete-fenyővel borított kísérleti terület közvetlen szomszédságában van az ákáccal borított kísérleti területnek, az ákácerdő talajának nitrátnitrogén tartalma majdnem  $\frac{1}{3}$ -dal nagyobb, mint a fekete-fenyves talajának nitrátnitrogén-tartalma. De viszont a fekete-fenyves talajának össznitrogén tartalma nagyobb, mint az ákác-erdő talajának hasonló adata.

Ezt a körülményt általános tájékoztatásul szeretnők felhozni arra vonatkozólag, hogy az ákácerdő talajának magasabb nitrátnitrogén-tartalma valószínűleg azzal a körülménnyel függ össze, hogy az ákácállományok a gyökereikkel symbiozisban élő *Bac. radicola* segítségével nitrogénszükségletük nagy részét közvetlenül a levegőből fedezik és ezért a talaj nitrátnitrogén-tartalmát csak kis mértékben használják ki. A felvett nitrogén mennyiségi eloszlásának kérdése, hogy mennyi esik a talajból és mennyi a levegőből felvett N-re, még nyílt kérdés. Másrészt viszont a fekete-fenyves gazdag tűhullásával több N-tartalmú tápanyagot juttat a talajba és ezért ezen talaj össznitrogén-tartalma az ákácerdőnél nagyobb lesz.

Az 5. számú táblázat szerint a homokos talajokban a nitrogéntartalmú vegyületek nagymértékű függőleges irányú mozgásával kell számolnunk, ami a felső rétegek N-ben való elszegényedésére vezethet a bemosás következtében. Az akkumulációs szint mélységének megállapítása és a gyökéralakulás mérvének a megállapítása a jövő feladatait képezik.

Ezzel kapcsolatban még arra a rendkívül érdekes megfigyelésre jutottunk, hogy amint ugyancsak az 5. és a 6. számú összehasonlító táblázatok egyöntetűen mutatják, a homokos erdőtalajokon a denitrifikáló baktériumok száma a nitrifikálóéhoz viszonyítva lényegesen kevesebb, úgyhogy a nitrifikáló baktériu-



mok száma ezeket mindig meghaladja. A kivételekről alább lesz szó. Ezzel szemben a kötött erdőtalajokon a denitrifikáló baktériumok száma majdnem mindig meghaladja a nitrifikáló baktériumok számát. Ez a körülmény szintén a talaj kedvezőbb szellőzőtségével és  $O$ -gazdálkodásával lehet összefüggésben, ami végeredményben természetesen a nitrátnitrogén-tartalomnak a homokos talajokon megnyilvánuló relatív nagyobb mennyiségében jut kifejezésre.

Amint FEHÉR a  $N$ -gazdálkodásról legutóbb közzétett (XIII) értekezésében rámutatott, a nitrifikálás, illetőleg a nitrátfelhalmozódás folyamata és a nitrifikáló baktériumok számbeli változása között nem lehetett olyan határozott összefüggést találni, mint a talajbaktériumok számbeli mennyisége és a talaj  $CO_2$  termelése között. A jelen esetben azonban úgy látszik, hogy úgy a  $CO_2$  produkció lefolyását, mind pedig a nitrifikálás folyamatát még a homokos talajok reakciójának kedvezőbb alakulása is befolyásolja, amely a reakció számbeli értékeinek a neutrális értékek felé való közeledésében jut kifejezésre, ami szintén a baktériumműködés intenzitásának emelkedésében nyilvánul meg.

Végül még rá akarunk mutatni arra a tényre is, hogy a homoki erdők levegőjének a  $CO_2$  tartalma az alacsonyabb levegőrétegekben dacára a nagyobb mérvű talajlélekzésnek mégis alacsonyabb a kötött talajokon álló erdőknél. Ez a jelenség véleményünk szerint valószínűleg azzal a körülménnyel van összefüggésben, hogy a homoki erdőkben a talaj-inszoláció jelentékenyen nagyobb, mint a kötött talajokon álló erdőkben s ez a fokozott inzoláció viszont a levegő áramlását gyorsítja és ezzel a  $CO_2$ -nek a magasabb rétegekbe való diffúzióját is fokozottabb mértékben eredményezi.

Ha vizsgálat alá vesszük a Szeged-vidéki összes megvizsgált típusokat (5. és 7. táblázat, leírás a 4. és 5. oldalon) és biológiai értelemben összehasonlítjuk őket, úgy arra az általános jelenségre kell rámutatnunk, hogy az ákácállományok növekedési viszonyai és a talajállapot között mennyiségileg kimutatható különbségek vannak, továbbá amely talaj biológiai értelemben az ákác igényeinek már nem megfelelő, az a fok még a fekete-fenyő jó növekedési lehetőségének kezdete. Ebből az következik,

hogya egy erdősitendő terület *biológiai viszonyait ismerjük*, amely laboratóriumokban egy-két hét leforgása alatt megállapítható, akkor *elkerülhetjük néhány évtized hiábavaló munkáját, költségeit* és az erdősítés munkáját szilárdabb alapokra helyezhetjük, sőt a módszert szélesebb alapokra kiterjesztve megvan a lehetősége annak, hogy az alkalmazandó fajokra is következtetést vonhatunk.

Lássuk tehát a körülményeket részletesebben: *A* és *B* jelzésű ákacos. Telepitéstől kezdve azonos elbánásban részesültek, összefüggő kopár területen. Az egyik *A* szép növekvést mutat, a másik pusztulóban van. Első összes baktériumszáma meghaladja a 14 milliót, a másiké négy millió körül van. Az elsőnél a szabad levegő *N*-jét megkötő baktériumok száma 1000-szeresen, a denitrifikáló baktériumok száma pedig 10,000-szeresen több, mint a másodiknál. Az *A* jelzésű terület össznitrogén-tartalma közel 8-szorosa, a nitrátnitrogén-tartalma ötszöröse a *B* jelzésű területének. Az első talajának vezérnövénye: *Anthriscus trichospermus* és *Urtica dioica*, a másodiknak *Poa angustifolia* és *Festuca pseudovina*. Ennél még rosszabb ákácállomány a *C* jelzésű, ahol az összes baktériumok száma még a három milliót sem haladja meg és hiányoznak a nitrogén körfolyam organizmusai. Ezzel szemben a *G* jelzésű feketefenyő állomány szintén körülbelül három millió baktériumszámmal rendelkezik és alacsony számú *N*-organizmusai dacára jó növekedést mutat és a talajt *N*-ban gazdagítja. Az *F* jelzésű feketefenyves vezérnövénye *Calamagrostis epigeios*, hasonló biológiai tulajdonságok mellett ákác már nem növekedne (lásd *B* és *C*). A kopár talaj baktériumszáma egy millió alul marad és a *N*-organizmusai teljesen hiányzanak. A *Fumana vulgaris* formáció alig mutat a kopárénál valamivel jobb biológiai viszonyokat.

Az aljnövényzet, a biológiai állapot és a fafaj között tehát bizonyos összefüggéseket látunk: Szeged vidékén, ahol a *Fumana vulgaris* vagy *Salix rosmarinifolia*, *Poa angustifolia*, *Festuca vaginata*, *Calamagrostis epigeios* a vezérnövények, ott a talaj biológiai tulajdonságai rosszak, (az összbaktériumszám átlag három millió alatt marad, a levegő szabad *N*-jét megkötő organizmusok hiányzanak, a nitrifikálók száma a 100-at nem ha-

ladja meg, a cellulozebontó baktériumok száma 1000 alatt marad és az összes *N*-tartalom a három mg pro 100 gr-ot nem haladja meg), ott az ákác egyáltalán nem, de a feketefenyő sikerrel telepíthető. Az *Anthriscus trichospermus*, *Polygonum arenaria*, *Euphorbia cyparissias* a talaj nagyobb biológiai tevékenységére mutatnak (10 millió körüli baktériumszám, *N*-kötők 1000-en felül, nitrifikálók 10,000-en felül, cellulozbontók 10,000-en felül, összes *N*-tartalom öt mg/100gr mennyiségen felül), ahol az ákác már sikeresen telepíthető és kielégítő növekedést mutat. Ugyanez áll természetesen, de még nagyobb mértékben a *G* részlet alapján a feketefenyőre is.

A fenti elemzés teljesen megegyezik Kiss (XV) már régebben megállapított talajjellegzésével, amelyek ezáltal részben biológiai alátámasztást is nyernek. További vizsgálatok e tekintetben is okvetlenül szükségesek.

Befejezésül még a most tárgyalt kísérleti területekre vonatkozólag rá akarunk mutatni a már korábban említett azon tényre, hogy a homokos erdőtalajok baktériumflórája általában számbelileg alatta marad a kötött talajokon álló erdők talajbaktérium flórájának. Ez a relativ alacsony szám, amelyet a nyári hónapokban kétségtől a talajnak erős felmelegedése is bizonyos mértékben befolyásol, véleményünk szerint főleg azzal a körülménnyel áll okozati összefüggésben, hogy a homokos talajakon a baktériumműködés erős intenzitása következtében az ősszel lehullott táplálóanyagot, különösen a nyári hónapokban a baktériumok olyan erősen feldolgozzák, hogy számuk csökkenésének már táplálékhiány következtében is be kell állani. Általában pedig meg kell állapítanunk azt az érdekes jelenséget is, hogy a Kecskemét-vidéki erdőknek biológiai viszonyai úgy látszik valamivel jobbak, mint a Szeged-vidéki homokos erdőkéi. Ennek a jelenségnek a kielégítő magyarázatát az eddigi vizsgálatok alapján még nem tudjuk megadni, de nem lehetetlen, hogy a talajösszetétel és a klíma különbözősége is jelentékeny szerepet játszanak.

Mindezeket egybevetve már az eddigi tájékoztató vizsgálatok is azt mutatják, hogy az erdőállományok általános táplálkozási viszonyai szempontjából a homokos erdőtalajok nem sokban

maradnak hátra sem a talajlélekzés, sem pedig a  $N$ -gazdálkodás szempontjából a kötött erdőtalajok mögött. Lehetséges azonban, hogy a többi a termelésre szükséges táplálóanyag egyik-másika relatív minimumban van jelen, vagyis a homoktalajok összetételüknél fogva bizonyos egyoldalúságot képviselnek a táplálkozás szempontjából. Ehhez járul az Alföld csapadékban való szegénysége. Innen van az, hogy az alföldfásítás jelentékenyen nagyobb nehézséggel jár, mint a kötött talajok erdősitése. Világos tehát, hogyha megfelelő fafajokat sikerül találnunk, amelyek ezen szélsőséges termőhelyi viszonyokhoz megfelelően alkalmazkodni képesek, akkor ezeknek növekedési viszonyai kielégítők lesznek. Igazolják ezt a körülményt például az Alföldön telepített szép feketefenyvesek kedvező növekedési viszonyai is. Azonban a végleges eredményeket ebben a tekintetben is a jövőben végzendő összehasonlító vizsgálatok lesznek hivatva kifogástalanul megállapítani.

### Az eredmények összefoglalása.

1. A Szeged- és Kecskemét-vidéken megvizsgált alföldi homokos erdőtalajokon nőtt erdőknek általános talajbiológiai és talajlékzési viszonyai az erdőknek szénnel való gazdálkodása szempontjából kedvezőknek mondhatók.

2. A talajlékzés számbeli értékei még ugyanazon fafaj mellett is a legtöbbször meghaladják a kötött talajokon növekedett erdők hasonló értékeit. Ez a körülmény kétségtávol a homokos erdőtalajoknak nagyobb levegőkapacitásával és kedvezőbb  $O$ -gazdálkodásával van összefüggésben.

3. A homokos erdőtalajok baktériumflórája a talajlékzést illetően talált ilyen jelentékeny adatok dacára számbelileg általában a kötött erdőtalajok baktériumflórája mögött marad. Ez a jelenség abban leli magyarázatát, hogy ezeknek a talajoknak jó szellőzőtsége következtében a baktériumműködés intenzitása a mennyiségi inferioritást kiegyensúlyozza.

4. A homokos erdőtalajok  $N$ -gazdálkodása a kötött talajoktól eltérő képet mutat. Az előbbieknél ugyan az össznitrogéntartalom általában kisebb, mégis a talajok jó szellőzőtsége következtében a nitrifikáló baktériumok olyan élénk működést

fejtenek ki, hogy a kisebb össznitrogén-mennyiség dacára a nitrátnitrogén-mennyiség ezekben a talajokban meghaladja a kötött erdőtalajok nitrátnitrogén mennyiségét. Ez a körülmény is igazolja ezeknek a talajoknak előnyös voltát a fák táplálkozása szempontjából.

5. Az előző pontba foglalt megállapítás kétségekivül még azzal a jelenséggel is összefügg, hogy a már tárgyalt sajátosságok következtében a homokos erdőtalajok denitrifikáló baktériumflórája számbelileg relative erősen a nitrifikáló baktériumok flórája alatt marad, ami pedig a nitrifikáció szempontjából a kötött erdőtalajokhoz viszonyítva sokkal előnyösebb biológiai együtthatást jelent.

6. A vízben oldható N-vegyületeknek a talajba való bemosása sokkal nagyobb mérvű, mint a kötött talajú erdőknél.

7. A talaj savanyúságának az értékei homokos erdőtalajoknál általában erősen a közömbös reakció felé közelednek s ezért a baktériumműködésnek a fentebbiekben vázolt mindkét irányú megnyilvánulását erősen elősegítik. Ennélfogva nem szolgálhatnak tényezőként a talajállapot megítélésénél, illetőleg összehasonlításánál.

8. A homokos erdőtalajok biológiai állapota és tevékenysége és az azt borító talajjellegző ősnövényzet között mennyiségi összefüggés állapítható meg.

9. A fentieket egybevetve, egyelőre az a vélemény alakul ki, hogy a homokos erdőtalajok nehezebb tenyésztési viszonyait *valószínűleg* kevésbé a biológiai viszonyok kedvezőtlen volta, mint inkább ezeknek a termőhelyeknek a csapadékban való szegénysége okozza. Erre nézve azonban most a további vizsgálatok nyújthatnak kétségtelen bizonyítékokat, amelyekről majd annak idején beszámolunk.

# BIOCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE BIOLOGISCHE TÄTIGKEIT DER SANDIGEN WALD- BÖDEN AUF DER UNGARISCHEN TIEFEBENE.

(Aus dem bot. Institute der k. ung. Hochschule für Berg- und Forstingenieur in Sopron.)

Von D. FEHÉR und R. BOKOR.

## Einleitung.

Die Aufforstung der unfruchtbaren Sand- und Alkaliböden der ungarischen Tiefebene ist heute eines der wichtigsten Probleme der ungarischen Forstwirtschaft. Nur durch die Aufforstung wird es möglich sein diese fast vollkommen brachliegenden Gebiete in absehbarer Zeit nutzbar zu machen und dadurch einen der empfindlichsten Passivkosten der ungarischen Aussenhandelsbilanz, den Holzimport wenigstens teilweise günstiger zu gestalten und den empfindlichen Holzmangel dieser Gebiete zu mildern.

Dass durch die Aufforstung auch die Flugsandgefahr behoben und die sonstigen klimatischen Verhältnisse wohl günstiger werden, braucht wohl nicht näher erklärt zu werden.

Die diesbezüglichen allgemeinen wirtschaftspolitischen Fragen sind in der letzten Zeit erschienenen vorzüglicher Arbeit von KAÁN (I.) ausführlich besprochen worden. Der forstwissenschaftlichen Forschung fällt nun die Aufgabe zu, zunächst jene allgemeinen biologischen Beziehungen dieses Problems zu erforschen, welche später als Grundlage der praktischen Durchführung der Aufforstung dienen können.

In unserem Institute wurden seit 1925 einige diesbezügliche Untersuchungen (II und III) bereits durchgeführt, welche

jedoch vorläufig sich nur mit den allgemeinen physiologischen Probleme der Aufforstung der Alkaliböden befasst haben. Erst im Jahre 1928 sind wir nun in die Lage gekommen, die Erforschung der allgemeinen biologischen Grundlagen der oben erwähnten Probleme auf breiterer Basis in Angriff nehmen zu können. Es ist uns jedoch in der Zwischenzeit bereits gelungen auf Grund jener Untersuchungen, welche FEHÉR, BOKOR und SOMMER in den schwedischen und westungarischen Wälder seit 1926 systematisch durchgeführt haben, jene wichtigsten Regelmässigkeiten zu ergründen, welche die allgemeine biologische Charakterisierung des Waldbodens wenigstens in grossen Zügen darzustellen vermögen (II und III).

Im Besitze dieser Resultate haben wir zunächst gemäss den uns zur Verfügung stehenden Mitteln die biologische Bodentätigkeit, der sich zwischen der Donau und der Theiss erstreckenden Wälder, die grösstenteils auf sandigem Boden (meist Flugsand) angepflanzt worden sind, in Angriff genommen. Unser Ziel war zunächst auf Grund der möglichst allseitigen Untersuchungen der allgemein biologischen Grundsätze dieser Frage, jene grundlegende Zusammenhänge zu erforschen, welche für die künftigen Detailuntersuchungen einen allgemeinen Überblick über dieses Problem ermöglichen. Wir haben auch getrachtet den Zusammenhang zwischen den bereits erreichten Resultaten unserer letzten Untersuchungen und den allgemeinen Beziehungen dieses Problems festzulegen.

Die Detailfragen unserer Untersuchungen waren die folgenden:

a) Die Feststellung der Grösse der Bodenatmung und des damit eventuell in Verbindung stehenden  $CO_2$ -Gehaltes der Waldluft in Zusammenhänge mit der biologischen Tätigkeit des Waldbodens.

b) Die Erforschung des mit der Kohlenstoffernährung des Waldes eng verbundenen Stickstoffkreislaufes dieser Böden und die Wirkung der Bakterienflora auf denselben.

c) Die Untersuchung des Zusammenhanges und des Einflusses, welche die wichtigsten klimatischen Faktoren auf die Gestaltung der obigen Probleme ausüben.

Der Zweck der künftigen Untersuchungen, welche wir im Besitze der Resultate der bisherigen Untersuchungen in Angriff zu nehmen gedenken, ist in grossen Zügen der Folgende: Die Erforschung der Wachstumsverhältnisse jener Baumarten, welche in der ersten Reihe mit Erfolg für die Aufforstung benutzt werden, und zwar in ihrem Zusammenhange mit den wichtigsten biologischen und bioklimatischen Wachstumsfaktoren gesondert nach einzelnen geographischen Gebieten der Tiefebene. Auf Grund dieser Untersuchungen hoffen wir mit der Zeit in die Lage zu kommen, auf die Abweichungen von der bisher bekannten Standortsanforderungen dieser Baumarten hinweisen zu können und eventuell in Kenntnis der Standortansprüche dieser Arten im Voraus durch entsprechende biochemische und biophysikalische Analysen die dem Standort entsprechende Art erwählen zu können, um dadurch kostspielige Misserfolge möglichst vermeiden zu können.

Wir sind über die Schwierigkeiten, mit welchen solche durch divergierende und schwer zu erfassende ökologischen Faktoren bedingte Forschungen verknüpft sind, vollkommen im Klaren und sind der Meinung, dass die endgültige Lösung noch viel Mühe und Arbeit erfordert. *Wir betrachten deshalb die unten angeführten Beobachtungen und deren Resultate als erste Orientierung auf diesem Forschungsgebiet.*

### Methodik.

Auf den genau abgegrenzten und als typisch gefundenen Versuchsflächen wurden folgende Faktoren gemessen:

1. Der  $CO_2$ -Gehalt der Waldluft in 0.3 und 9.0 m Höhe zu derselben Zeit mit den Apparaten von LUNDEGARDH (IV).
2. Die Bodenatmung mit der Methode von FEHÉR (IV).
3. Gesamtzahl der aeroben Bakterien bestimmt mit Hilfe der Plattenkultur und der anaeroben Bakterien mit der Methode von BURRI (VI).
4. Die einzelnen physiologischen Gruppen wurden durch die von BOKOR ausgearbeitete Methode bestimmt (VII.)
5. Gesamt-N-Gehalt des Bodens nach KJELDAHL modifiziert von GUNNING-ATTERBERG (VIII).



6. Nitratgehalt des Bodens nach WHITING, RICHMOND und SCHONOWER (IX).

7. Humusgehalt durch Verbrennung mit Kaliumbichromat (X).

8. Die Lichtintensität im Freien und im Walde zu gleicher Zeit mit dem EDER-HECHT'schen Graukeilfotometer. Von den zwei Messungen wurde die Lichtstärke im Walde in Prozenten des Freilandlichtes in Bunsen-Roscoe Einheiten abgeleitet. An den Abbildungen sind Einfachheit halber die zwei Messungen in Skalenteilen des Photometers angegeben, gemessen durch eine Minute Expositionszeit. Die Umrechnung auf Bunsen-Roscoe Einheiten bietet keine Schwierigkeit (XI).

9. Bodentemperatur,

10. Lufttemperatur,

11. Barometerdruck,

12. Windstärke und die

13. Luftfeuchtigkeit wurden mit geeichten Registrierapparaten gemessen.

14. Reaktion des Bodens auf elektrometrischen Wege mit dem Apparat von FEHÉR, welcher von Zeit zur Zeit mit dem Apparat von MISLOWITZER kontrolliert wurde.

### Beschreibung der Versuchsflächen.

Im nördlichen Gebiet der Alföld in der Umgebung von Kecskemét.

#### *Kecskemét. Versuchsfläche No. I.*

Wirtschaftsklasse A. Schlaggruppe I. Abteilung 2 von Szikra. Unterabteilung 21. Grösse 76·6 kat. Joch. Sandboden durch Sandkuppen durchschossen. Standortsklasse: Sand II. Bestand: Robinie, einige Pappeln. 12-jährig, Dichte 0·8,  $Ph = 6·58$ . Niederwald. Standortspflanzen: Verschiedene Gräser, wenig *Euphorbia cyparissias*, *Polygonatum officinale* und *Asparagus* Arten.

Die Daten sind in der Tabelle No. 1 und Abbildung No. 1 dargestellt (zweispachig).

*Kecskemét. Versuchsfläche No. II.*

Wirtschaftsklasse A. Schlaggruppe No. I. Abteilung 1. Unterabteilung 1. Fläche 49·6 kat. Joch. Boden: Sand. Standortsklasse: Sand I. Bestand: Robinie, einige Pappeln. Alter: 23 Jahre. Dichte: 0·9,  $ph = 6·4$  Niederwald. Bodenpflanzen: wie bei I.

Die Daten der Messungen enthält Tabelle No. 2 und dieselben sind an der Abbildung No 2 graphisch dargestellt.

Im südlichen Gebiet des Alföld in der Umgebung von Szeged:

*Szeged. Versuchsfläche No. I.*

Kurzes Kennwort der örtlichen Lage: Lázárerdő. Boden: Sand mit Flugsandkuppen. Bestand: Robinie. Alter: 17 Jahre, Dichte: 0·9,  $ph = 6·2$  Bodenpflanzen: *Anthriscus trichospermus*, einzelne *Equisetum ramosissimum*. Der Boden grösstenteils mit Laub bedeckt. Humusschicht vorhanden. Die Wachstumsverhältnisse der Robinie sind normal.

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Abbildung No. 3 und Tabelle No 3 dargestellt.

*Szeged. Versuchsfläche No. II.*

Lage der Versuchsfläche: Bedőliget. Boden wie bei Szeged I. Bestand: Schwarzkiefer. Alter: 43 Jahre. Dichte: 0·9,  $ph = 6·35$ . Dünne Rohhumusdecke mit Nadelstreu ohne Bodenpflanzen. Wachstumsverhältnisse normal.

Die Resultate sind in der Tabelle No. 4 und Abb. No. 4 enthalten.

Die biologischen Daten der obigen vier Versuchsflächen sind in der Tabelle No. 5 vereinigt dargestellt.

Die obigen vier Parzellen als Dauerversuchsflächen sind durch längere Zeit beobachtet worden und werden auch weiterhin monatlich untersucht, da die Bodenatmung und Gesamtnitrogen resp. Nitratgehalt des Bodens nach Jahresperioden grossen Schwankungen unterworfen sind, wie diese durch die Arbeiten von FEHÉR (XIII) bekannt geworden sind.

Mit Rücksicht auf die Notwendigkeit bei Vergleichs-

untersuchungen, damit mehr Vergleichsdaten bei den ersten Orientierungsuntersuchungen zur Verfügung stehen, haben wir weitere Bestandstypen in dieser Gegend untersucht, deren Bestände grosse Unterschiede im Wachstum aufweisen. Kurze Beschreibung der Parzellen ist mit Hervorhebung ihrer charakteristischen Merkmale die Folgende:

A. Robinienbestand mit gutem Wachstum, 19-jährig, Dichte: 0·8. Mittlere Bestandshöhe: 17·5 m. Boden: Sand mit Humusschicht. Bodenpflanzen: *Anthriscus trichospermus* und *Urtica dioica*.

B. Mit A in Verbindung stehender, auf demselben Standort ein schlechtes Wachstum zeigender, gleichaltriger Bestand, dessen Höhe 12 m nicht überschreitet. Obwohl die Auspflanzung gleichzeitig geschah und die Bestandspflege dieselbe war, Dichte 0·6. Es zeigt sich auch ein Unterschied bei den Bodenpflanzen. Dieselben sind: *Poa angustifolia*, *Euphorbia cyparissias*, vereinzelt: *Festuca pseudovina*, *Triticum repens*.

Nicht weit entfernt von A und B auf einem anderen Sandgebiete haben wir auch ein gutes und ein schlechtes Wachstum zeigende, zueinander nahe liegenden Bestand untersucht, um gegenseitig und mit A und B vergleichen zu können.

C. Robinienbestand auf Flugsande mit schlechtem Wachstum im zweiten Umtriebe, siebenjährig, Dichte: 0·2. Die Stöcke waren grösstenteils unfähig Stockausschläge hervorzubringen. Bodenpflanzen vereinzelt: *Fumana vulgaris*, *Festuca vaginata*. Keine Laubdecke.

D. Standortsverhältnisse wie bei C, aber Wachstum fast normal. Bestandsalter 18 Jahre, Dichte: 0·9, Höhe: 17 m. Bodenpflanzen auch wenig, aber von denselben des C Typus verschieden. Leitpflanze: *Anthriscus trichospermus*. Der Boden ist mit Laub bedeckt.

Aus selbem Gesichtspunkte haben wir die bodenbiologischen Zustände von zwei, im Wachstum voneinander verschiedene, nahe zueinander liegende Schwarzkieferbestände untersucht.

F. Schwarzkiefer auf Flugsand 32-jährig, sehr schlechtes Wachstum zeigend. Bestandesschluss durch allmähliches Absterben der Bäume auf 0·6 herabgesunken. Bodendecke: Dünner

Nadelstreu mit wenig Bodenpflanzen: *Calamagrostis epigeios* und *Salix rosmarinifolia*.

G. Standortsverhältnisse wie bei F. Schwarzkieferbestand mit normalem Wachstum. Bestandesschluss: 0·8. Boden mit dicker Nadelstreuendecke und mit einzelnen *Hieracium umbellatum*.

H. Ödland im Flugsandgebiet, dessen Aufforstung mit Robinie misslang, ohne Bodenvegetation.

J. Selbe wie H, nur mit *Fumana vulgaris* Vegetation.

K. Naturschutzpark, gebildet von einem schönen gemischten Bestand von alten Robinien, Eichen, Ulmen und Eschen auf gutem Sand. Des vollen Bestandesschlusses wegen ohne Bodenvegetation.

Die Untersuchungsdaten sind bezüglich der Versuchsflächen A bis K in der Tabelle No. 7 enthalten.

### Vergleichende Besprechung der Untersuchungsergebnisse.

Die in dem Vorstehenden ausführlich dargestellten Untersuchungsergebnisse haben nun klar erwiesen, dass auch in den Wäldern der Sandböden der ungarischen Tiefebene der  $CO_2$ -Gehalt der Waldluft mit der Bodenatmung und mit dem Bakteriengehalt des Waldbodens in kausalem Zusammenhange steht.

Wenn wir die Bodenatmungswerte der untersuchten Sandböden näher betrachten und dieselben mit den Untersuchungsergebnissen der früheren Untersuchungen, welche vorwiegend auf Lehm Böden durchgeführt worden sind, vergleichen und zum Zwecke der Verallgemeinerung auch die Resultate der schwedischen Untersuchungen von FEHÉR (II) in Vergleich ziehen, so werden wir bald auf die überraschende Tatsache kommen, dass die biologische Tätigkeit und die  $CO_2$ -Produktion der Sandböden der ungarischen Tiefebene in vieler Hinsicht günstiger verläuft, als die gleiche Tätigkeit der schweren Lehm Böden. Schon Bokor hat im Jahre 1926 (XIV) bei der mikrobiologischen Analyse einiger schwedischen Waldböden gelegentlich darauf hingewiesen, dass die Mikrobentätigkeit der sandigen Waldböden in vieler Hinsicht lebhafter vor sich geht, als dieselbe bei den schweren Böden der Fall zu sein pflegt.

Die sandigen Waldböden besitzen nämlich gewöhnlich aus physikalischen Gründen eine verhältnismässig hohe Luftkapazität und infolgedessen wird sich die Durchlüftung und der O-Umsatz in diesen Böden sehr günstig gestalten. Wenn wir die Daten der Vergleichstabelle No. 6 vergleichen und näher betrachten, so können wir bereits auf Grund dieser orientierenden Untersuchungen ohne weiteres feststellen, dass die Entwicklung der Mikroflora und die damit im Zusammenhange stehende Bodenatmung in keiner Hinsicht hinter den gleichen Eigenschaften der anderen schweren Waldböden zurückbleiben wird.

Wir möchten hier, um eventuellen Missverständnissen vorzugreifen, schon jetzt bemerken, dass wir in Anbetracht der Resultate der letzten Untersuchungen von FEHÉR (II und III) nur jene Untersuchungsergebnisse in Vergleich gezogen haben, welche in ungefähr gleichen Jahreszeiten ermittelt worden sind, um dadurch diese Resultate auf einer gemeinschaftlichen Grundlage vergleichen zu können.

Es ist eine auffallende Tatsache, dass obwohl die Mikroflora der sandigen Waldböden im allgemeinen zahlenmässig die Mikroflora der lehmigen Waldböden nicht wesentlich überschreitet, sogar in vielen Fällen quantitative hinter diesen etwas zurückbleibt, die Intensität der Mikrobentätigkeit dieser meistens beträchtlich übertrifft. Diese Erscheinung ist zweifellos, wie wir bereits betont haben, das Resultat der guten Durchlüftungsverhältnisse der sandigen Waldböden, wodurch selbstverständlich die Atmungsintensität der Bodenmikroorganismen ebenfalls bedeutend erhöht wird.

Bezüglich den N-Stoffwechsel der sandigen Waldböden haben wir, gemäss unserer Erwartung, bereits auf Grund dieser Untersuchungen feststellen können, dass der Gesamtnitrogengehalt und der Humusgehalt im allgemeinen hinter den gleichen quantitativen Eigenschaften der schweren Waldböden zurückbleibt. Infolge der guten Durchlüftung der sandigen Waldböden wird jedoch der Nitrifikationsvorgang in diesen Böden äusserst lebhaft verlaufen. Die Tatsachen kommen in den Untersuchungsergebnissen in der Tabelle No. 6 ganz deutlich zum Vorschein.

Wir möchten hier noch als charakteristische Tatsache hervorheben, dass bezüglich dem Gesamt-N- und Nitrat-N-Gehalt die Baumart der einzelnen Bestände aller Wahrscheinlichkeit nach eine ziemlich wichtige Rolle spielen wird. Wir wollen hier als Beispiel Versuchsfläche Nr. I und II bei Szeged näher betrachten. Diese Versuchsflächen liegen in unmittelbarer Nachbarschaft. Dabei bildet den Bestand der Versuchsfläche II die Schwarzkiefer. Aus den mitgeteilten Daten kann ohne weiteres festgestellt werden, dass der Nitrat-N-Gehalt des Robinienwaldes fast mit  $\frac{1}{2}$  höher ist, als der Nitratgehalt des Kiefernwaldes. Das quantitative Verhältnis des Gesamtnitrogengehaltes der beiden Wälder verhielt sich dagegen umgekehrt. Die Erklärung dieser Tatsache ist die folgende:

Der Robinienbestand ist infolge der bekannten Wurzelsymbiose mit dem *Bac. radicicola* im Stande den grössten Teil seines Stickstoffbedarfes aus der Luft zu beschaffen und wird daher den Nitratgehalt des Bodens kaum oder überhaupt nicht verbrauchen. Andererseits aber durch den reichlicheren Laubfall bereichert der Kieferwald in bedeutend grösserem Maasse mit stickstoffhaltigen Nährstoffen den Waldboden, als der bekanntlich sehr schütter belaubte Robinienwald. Der Robinienwald wird daher infolge seines geringen Stickstoffverbrauches im allgemeinen den Waldboden mit Nitrat-N allmählich bereichern, dagegen wird der Kieferwald trotz seines reichlichen Laubfalles, infolge des oben geschilderten abweichenden biologischen Verhaltens den Nitrat-N-Gehalt des Waldbodens viel intensiver ausnützen.

Wie die Daten der Tabelle 5 zeigen, so findet wahrscheinlich in den Sandböden eine ziemlich lebhafte vertikale Bewegung der Stickstoffverbindungen des Bodens statt. Diese Bewegung führt allmählich die Verarmung an stickstoffhaltigen Substanzen der obersten Bodenschichten herbei. Die Tiefe des Akkumulationsniveaus und die entsprechende Wurzel Ausbildung müssen erst weitere Untersuchungen aufklären.

Wenn wir die Anzahl der denitrifizierenden Bakterien mit der Anzahl der nitrifizierenden Bakterien, an der Hand der Tabelle 5 und 6, vergleichend betrachten, so werden wir ohne

weiteres feststellen können, dass in den sandigen Waldböden die Anzahl der nitrifizierenden Bakterien in der Regel die Anzahl der denitrifizierenden Bakterien -- abgesehen von einzelnen Ausnahmen -- beträchtlich übersteigt. Die Bakterienflora der schweren Waldböden zeigt dagegen vollkommen entgegengesetzte Verhältnisse. Hier überwiegen im allgemeinen die denitrifizierenden Bakterien. Dieser Umstand ist aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls mit der guten Durchlüftung der sandigen Böden zu erklären. Infolge dieses Umstandes wird dann der Nitratnitrogengehalt der sandigen Waldböden verhältnismässig relativ höher ausfallen, als dies bei den schweren Waldböden der Fall ist.

In seiner letzten Arbeit über den N-Stoffwechsel des Waldbodens hat FEHÉR (XIII) darauf hingewiesen, dass der Nitrifikations- und Nitrogenassimilationsvorgang in den Waldböden ziemlich unabhängig von den zahlenmässigen Änderungen der nitrifizierenden und N-bindenden Bakterien verläuft. Im Gegensatz zu den  $CO_2$  Produktion des Waldbodens, die ja mit den zahlenmässigen Änderungen der Bakterienflora des Waldbodens in engem und kausalem Zusammenhange steht. Diese Gesetzmässigkeit scheint auch für den N-Stoffwechsel der sandigen Waldböden innerhalb der gleichen Walddtypen ebenfalls Gültigkeit zu haben. Dagegen haben wir auf Grund unserer bisherigen Untersuchungsergebnisse feststellen können, dass wenn zwei Walddtypen verglichen werden, so entspricht gewöhnlich einem wesentlich höheren Nitrat-N und Gesamt-N-Gehalt auch eine höhere Anzahl von N-bindenden und nitrifizierenden Bakterien. Wie aber die Resultate unserer Untersuchungen zeigen, so wird wahrscheinlich bei den sandigen Waldböden auch die günstigere Bodenreaktion den Nitrifikationsvorgang dieser Böden intensiver gestalten. Die sandigen Waldböden zeigen nämlich in den meisten Fällen fast neutrale *ph*-Werte. Durch diesen Umstand wird zweifellos die Intensität der Tätigkeit der nitrifizierenden und N-bindenden Bakterien bedeutend erhöht.

Es ist eine recht auffallende Tatsache, dass im allgemeinen trotz der intensiven Bodenatmung der  $CO_2$ -Gehalt der Waldluft der auf Lehm Boden stehenden Wälder bedeutend geringer wird, als der Luftkohlenduregehalt der auf schweren Böden stehen-

den Bestände. Diese Erscheinung ist durch den Umstand zu erklären, dass bei den Sandböden namentlich in den Sommermonaten die Temperatur der Bodenoberfläche stark erhöht wird, wodurch naturgemäss auch die Insolation entsprechend gesteigert wird. Dadurch wird die Luftströmung nach den obersten Luftschichten besonders erhöht, welcher Vorgang sodann dem Aufwärtsströmen der Luftkohensäure ebenfalls stark beschleunigt.

Wenn wir schliesslich auf Grund der Untersuchungsergebnisse der Tabellen 5 und 7 die übrigen bodenbiologisch analysierten Boden- und Waldtypen miteinander vergleichen, so werden wir ohne weiteres feststellen können, dass jene Böden, welche biologisch den Ansprüchen der Robinie nicht mehr entsprechen können, für das Gedeihen der Schwarzkiefer noch ziemlich geeignet sind. Zur näheren Erklärung dieser Beobachtung möchten wir kurz folgende Beispiele erörtern:

Den Bestand der Waldtypen *A* und *B* bildet überwiegend die Robinie. Beide Bestände wurden auf sonst unfruchtbaren Sandboden künstlich angepflanzt und waldbaulich vollkommen gleich behandelt. Der Bestand von *A* zeigt einwandfreies Wachstum, der Bestand *B* ist im Absterben begriffen. In dem Boden von *A* finden wir rund 14 Millionen Bakterien, dagegen im Boden von *B* nur 4 Millionen. In dem Boden von *A* finden wir beinahe 1000-mal mehr *N*-bindenden Bakterien und fast 10,000-mal mehr denitrifizierenden Bakterien, als im Boden von *B*. Dementsprechend haben wir bei *A* fast achtmal mehr Gesamt-*N*-Gehalt und rund fünfmal mehr Nitratnitrogengehalt gefunden, als bei *B*. Die Leitpflanzen des ersten Waldtypes sind: *Anthriscus trichospermus* und *Urtica dioica*. Dagegen die Leitpflanzen des zweiten: *Poa angustifolia* und *Festuca pseudovina* sind. Der Waldtyp *C* hat ebenfalls einen reinen Robinienbestand, dessen Zustand stark verschlechtert ist. In dem Boden dieser Versuchsfläche finden wir kaum drei Millionen Bakterien und die Stickstofforganismen sind überhaupt nicht nachzuweisen. Die Leitpflanzen des Bodens sind: *Fumana vulgaris* und *Festuca vaginata*.

Wenn wir jetzt mit diesen Beständen den mit *G* bezeich-



neten Schwarzkieferbestand vergleichen, so können wir auf Grund der mitgeteilten Untersuchungsergebnisse ohne weiteres feststellen, dass die Gesamtbakterienzahl derselben kaum drei Millionen erreicht und obwohl die N-bindenden Bakterien ebenfalls in ziemlich geringen Anzahl vorkommen, der Bestand ein gutes Wachstum zeigt und zweifellos den Boden durch seinen reichlichen Laubfall mit Stickstoff entsprechend bereichert. Das gleiche gibt der mit *F* bezeichnete Kieferwald. Die Gesamtbakterienanzahl des gänzlich unfruchtbaren Bodentypes erreicht kaum 1.000,000 und die N-Bakterien fehlen fast vollkommen. Der mit *Fumana vulgaris* Vegetation bedeckte Sandboden zeigt ebenfalls recht ungünstige biologische Verhältnisse.

Wir haben daher schon auf Grund dieser orientierenden Untersuchungen gewisse Zusammenhänge nachweisen können, welche zwischen den biologischen Zustand des Bodens und den herrschenden Baumarten der einzelnen Bestände bestehen. Diese Zusammenhänge wollen wir kurz folgenderweise zusammenfassen:

1. An jenen Bodentypen, an welchen als Leitpflanze die *Fumana vulgaris*, *Salix rosmarinifolia*, *Poa angustifolia*, *Festuca vaginata* und *Calamagrostis epigeios* gedeihen, dort wird sich der Boden gewöhnlich im schlechten biologischen Zustande befinden. Hier bleibt gewöhnlich die Gesamtbakterienzahl unter drei Millionen. Es fehlen da meistens die N-bindenden Bakterien. Die Zahl der nitrifizierenden Bakterien bleibt in der Regel unter 100 und die Anzahl der zellulosezersetzenden Bakterien in den meisten Fällen überschreitet kaum 1000 und der Gesamtnitrogengehalt wird drei mg pro 100 gr Boden kaum erreichen. An diesen Böden wird die Anpflanzung der Robinie schwerlich gelingen, da wie die vorher erwähnten Untersuchungsergebnisse zeigen, diese Baumart an den biologischen Zustand des Bodens ziemlich hohe Anforderungen stellt.

2. Falls der Boden als Leitpflanzen *Anthriscus trichospermus*, *Polygonum arenaria* und *Euphorbia cyparissias* aufweist, so wird hier die Intensität der mikrobiologischen Tätigkeit des betreffenden Bodens bedeutend höher sein. An diesen Böden bewegt sich die Gesamtzahl der Bakterien um 10.000,000, die An-

zahl der N-bindenden Bakterien 1000, der nitrifizierenden Bakterien 1000, der zellulosezersetzenden Bakterien 10,000 und der Gesamt-N-Gehalt wird wohl fünf mg pro 100 gr Erde überschreiten. *An diesen Böden kann man bereits auch die Robinie mit Erfolg anpflanzen und sie eignen sich natürlich vorzüglich auch für die Aufforstung für Schwarzkiefer.*

Es ist eine äusserst bemerkenswerte Tatsache, dass unsere Analysenresultate im ganzen und grossen die Ergebnisse von Kiss (XV) bestätigen, der als erster die Aufforstung der Sandböden der ungarischen Tiefebene nach Leitpflanzen des Bodens versucht hat und dadurch die biologische Grundlage als erster bei der Lösung dieses Problems berücksichtigt hat. Trotz der durch unseren Untersuchungen nachgewiesenen erfreulichen Übereinstimmung, sind auf diesem Gebiet weitere detaillierte Untersuchungen noch unbedingt notwendig.

*Wir möchten noch kurz nochmals auf die Tatsache hinweisen, dass die Bakterienflora der sandigen Waldböden zahlenmässig die Bakterienflora der schweren Waldböden hinter sich lässt und nur die Intensität der Tätigkeit der ersteren übertrifft ja das biologische Verhalten der letzteren.* Diese Erscheinung kann man nach unserer Meinung folgenderweise erklären:

Die verhältnismässig niedrige Zahl der Bakterienflora der sandigen Waldböden wird dadurch verursacht, dass infolge der äusserst guten Durchlüftung und der starken Erwärmung dieser Böden, die Intensität der Bakterientätigkeit bedeutend gesteigert wird und infolgedessen das im Herbst auf den Boden gelangende organische Substanz namentlich in den heissen Sommermonaten derart rasch verarbeitet wird, dass eine Reduktion der Bakterienzahl schon wegen auf die Art und Weise entstehenden Nahrungsmittelnot stattfinden muss.

Wenn wir nun die Gesagten miteinander vergleichen, so werden wir im allgemeinen feststellen können, dass bezüglich der allgemeinen ernährungsphysiologischen Vorgänge die biologische Tätigkeit der sandigen Waldböden weder betreffs dem N-Stoffwechsel, noch bezüglich der Bodenatmung hinter den schweren Waldböden zurückbleiben wird. Die Hauptschwierigkeit bei der Aufforstung dieser Böden wird sicherlich die bekannte Nieder-

schlagsarmut und der ungünstige Wasserhaushalt des Sandbodens der ungarischen Tiefebene verursachen und ausserdem ist es auch nicht ausgeschlossen, dass in den Sandböden einige Nährstoffe in minimalen Mengen vorhanden sind. Dieser Umstand muss natürlich mit eigenen, für diesen Zweck eingerichteten Untersuchungen erforscht werden. Die Frage der Aufforstung kann man daher ganz kurz als die Frage der Anpassungsfähigkeit an diesen schweren klimatischen Verhältnissen der einzelnen Baumarten bezeichnen. Hat man daher die entsprechende Baumart ausgewählt, so wird das Gedeihen derselben wohl günstig ausfallen, wie dieser Umstand durch das schöne Wachstum der seit Jahrzehnten angepflanzten Schwarzkieferbestände bestätigt wird.

### Zusammenfassung der Resultate.

1. Die biologischen Verhältnisse der untersuchten sandigen Waldböden können bezüglich der Kohlenstoffernährung des Waldes als verhältnismässig günstig bezeichnet werden.

2. Die numerischen Werte der Bodenatmung, gleiche Baumart und ungefähr gleiche jahreszeitliche Beobachtungsperiode vorausgesetzt, überschreiten gewöhnlich die gleichen Werte der schweren Waldböden. Dieser Umstand ist zweifellos mit der besseren Luftkapazität und mit den günstigen Sauerstoff-Kreislauf dieser Böden zu erklären.

3. Die Bakterienflora der sandigen Waldböden bleibt gewöhnlich rein zahlenmässig hinter der Bakterienflora der schweren Waldböden zurück. Die bessere Kohlensäureproduktion der sandigen Waldböden wird hauptsächlich durch die gute Durchlüftungsverhältnisse und die damit verbundene günstige Sauerstoffzufuhr verursacht. Es wird daher in diesem Falle die zahlenmässige Inferiorität durch die intensive Lebenstätigkeit der Bakterienflora ausgeglichen.

4. Der N-Stoffwechsel der sandigen Waldböden zeigt von der gleichen biologischen Tätigkeit der schweren Waldböden ziemlich abweichendes Bild. Der Gesamt-N-Gehalt der sandigen Waldböden erreicht zahlenmässig kaum die gleichen Werte der

schweren Waldböden. Infolge der guten Durchlüftungsverhältnisse wird jedoch die Intensität der Tätigkeit der nitrifizierenden Bakterien wesentlich erhöht und infolgedessen überschreitet sodann der Nitrat-N-Gehalt der sandigen Waldböden die gleichen Werte der schweren Waldböden. Dieser Umstand zeigt ebenfalls auf die günstige Beschaffenheit der Sandböden für die Ernährung der Waldbäume.

5. Die Anzahl der nitrifizierenden Bakterien ist bei den sandigen Waldböden fast immer bedeutend höher, als dies bei den schweren Waldböden der Fall ist. Diese Erscheinung steht ebenfalls mit den guten Durchlüftungsverhältnissen der sandigen Böden im Zusammenhang. Sie wird aber auch von der Niederschlagsarmut dieser Gebiete beeinflusst.

6. Es werden in den sandigen Waldböden die wasserlöslichen Stickstoffverbindungen viel rascher hineingewaschen, als dies bei den lehmigen Waldböden der Fall zu sein pflegt.

7. Die *ph*-Werte der sandigen Waldböden nähern sich sehr stark an die neutrale Reaktion und diese Eigenschaft derselben tritt ebenfalls ganz bedeutend zu der intensiven Bakterientätigkeit dieser Böden an.

8. Zwischen den biologischen Zustand und der biologischen Tätigkeit der sandigen Waldböden und der Charakterpflanzen dieser Böden kann ein auffallender Zusammenhang festgestellt werden.

9. Angesichts der obigen Resultate glauben wir berechtigt zu sein, unserer Meinung Ausdruck zu geben, dass die schwierigen Aufforstungsverhältnisse der Sandböden wahrscheinlich nicht die ungünstige Gestaltung der biologischen Eigenschaften, sondern eher die Niederschlagsarmut dieser Gebiete verursacht.

### Irodalom. — Literatur.

I. KAÁN KÁROLY: A magyar Alföld. Gazdaságpolitikai tanulmány. Budapest, 1927. M. Tud. Akadémia kiadása.

II. 1. Dr. FEHÉR és VÁGI: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2.)

2. Dr. FEHÉR und VÁGI: Biochemische und biophysikalische Unter-

suchungen über die Einwirkung der wichtigsten biologischen Faktoren auf das Leben und Wachstum der Waldbestände. (Forstliche Versuche, 1926. 1—2. Heft, Sopron.)

3. Dr. FEHÉR és SOMMER: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. II. közlemény. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 1—2. füzet.)

4. FEHÉR and SOMMER: Researches about the carbonic-acid nourishment of the forest. (Forest Researches, 1927. 1—2.)

5. Dr. FEHÉR: Untersuchungen über Kohlenstoffernährung des Waldes. (Flora.) (Allg. Bot. Zeitung, Bd. 121. S. 313—333, 1927.)

6. Dr. FEHÉR: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. Vorläufige Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift, 1927. Bd. 180. Heft 1—2.)

7. Dr. FEHÉR und SOMMER: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. II. Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift, Bd. 199. Heft 4—6. 1928.)

8. BOKOR: Vizsgálatok az erdőtalajok mikroflójáról. (Erd. Kísérletek, XXVIII. kötet, 1—2. füzet, 1926.)

9. BOKOR: Untersuchungen über die Mikroflora der Waldböden: (Forstliche Versuche, XXVIII. 1—2. 1926.)

10. BOKOR: A szikes talajok mikroflójája, tekintettel azok megjavítására. (Erd. Kísérletek, XXX. kötet, 1—2. füzet, 1928.)

11. BOKOR: Die Mikroflora der Szik-(Alkali)-Böden mit Rücksicht auf ihrer Fruchtbarmachung. (Forstliche Versuche, Bd. XXX. 1—2. 1928.)

III. 1. Dr. FEHÉR és SOMMER: Vizsgálatok az erdőtalaj lélekzéséről, különös tekintettel annak az erdő életében elfoglalt biológiai szerepére és gazdasági jelentőségére. (Erdészeti Kísérletek XXX. kötet, 3. füzet, 1928.)

2. Dr. FEHÉR and G. SOMMER: Researches about the carbon-nourishment of the forest. (Forest Researches, XXX. 3. 1928.)

3. Dr. FEHÉR: Vizsgálatok az erdőtalaj biológiai jelenségeinek időbeli változásairól. (Bemutatva a M. Tud. Akadémia III. osztályának 1928 december havi ülésén.)

4. Dr. FEHÉR: Untersuchungen über den zeitlichen Verlauf der Bodenatmung und der Mikrobentätigkeit des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, Bd. 206. Heft 4—6. 1929.)

IV. LUNDEGARDH: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. 1924.

V. 1. Dr. FEHÉR: Egy új eljárás az erdei talaj  $CO_2$  lélekzésének mérésére. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 3—4. füzet.)

2. Dr. FEHÉR: A new method of the measurement of the soil respiration of  $CO_2$ . (Forest Researches, 1927. 3—4. Sopron.)

VI. A. WAKSMAN: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. 1927.

VII. lásd II. alatt.

VIII. WIESMANN: Agrikulturchemisches Praktikum. (S. 227—233.)

IX. WHITING, RICHMOND and SCHOONOWER: Journal. Ind. and Eng. chem. 1920. 12. P. 982—984.

X. VÁGI: A talajtan elemei. 1928. Sopron.

XI. 1. EDER: Das Graukeilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur. (Sitzungsberichte der Akademie zu Wien II. Abt. 127. 1918.)

2. ABDERHALDEN: Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden. II. Abt. I. Teil.

XII. MISLOWITZER: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. 1928. S. 245.

XIII. 1. Dr. FEHÉR: Vizsgálatok az erdőtalaj N-gazdálkodásáról. (Be-mutatva a M. Tud. Akadémia III. osztályának 1929 januári ülésén.)

2. Dr. FEHÉR: Untersuchungen über den N-Stoffwechsel des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, Bd. 207. 1929.)

XIV. BOKOR: Untersuchungen über die Mikroflora der Waldböden. II. (Biochemische Zeitschrift, Bd. 181. Seite 302. 1927.)

XV. KISS FERENC: Talajélet az Alföldön és a talajnak javítása. (Erdészeti Kísérletek, XXVIII. kötet, 1—2. szám. 1926.)

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissen-schaften vom 22. April 1929.)

## VIZSGÁLATOK AZ ERDŐTALAJ N-ANYAGCSERÉJÉRŐL.

FEHÉR DÁNIEL-TŐL

(A m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növényteni Intézetéből.)

A különböző erdő- és mezőgazdasági talajok nitrogénnel való gazdálkodására vonatkozólag az újabb irodalom nagyon sok vizsgálatot és kutatást mutat fel. (I.) Ez természetes is, miután a nitrogén a növények s így az erdők állományát alkotó fák életjelenségeinél is rendkívül fontos fiziológiai szerepet játszik. A nitrogén ugyanis a sejtek élő anyagában, a protoplazmában foglaltató fehérjéknek nélkülözhetetlen alkotóeleme és ezenfelül még más, a növény életében szerepet játszó vegyületek képzésénél is (például alkaloidák, aminosavak stb.) messze kiható jelentőséggel bír.

A nitrogén a fákban általában kisebb mennyiségben van képviselve, mint a carbon, amely tudvalevőleg különösen erdei fáknál a száraz anyag mennyiségének közel 50%-át teszi ki, míg ezzel ellentétben az elfásodott cellulózban mindössze 0.5—1.0% mennyiségben van jelen a nitrogén. Általában a nitrogént, amely mennyiségileg a fehérjéknek kb. 16%-át teszi ki, viszonylag legnagyobb mennyiségben a növényeknek azon szerveiben találjuk meg, amelyek intenzív életműködést folytatnak. Ilyenek elsősorban a fákban a háncaiban és szíjjácsában található parenchymasejtek, de különösen az asszimiláló zöld levelek, vagyis azok a szervek, amelyek élénk életműködésüknek megfelelően viszonylag legnagyobb mennyiségben tartalmaznak nitrogént, amelynek mennyisége fajok szerint 1.46—2.86% között válto-

kozik. Ez a magas  $N$ -tartalom az asszimiláló zöld levelekben található magas proteintartalommal függ össze, amelynek mennyisége különösen tavasszal fajok szerint 16—36 % között váltakozik, míg a fiatal hajtások és ágak 9—24 %-nyi proteint tartalmaznak. Általában az erdőtalaj évi  $N$ -szükséglete hektáronként 34—51 kg között mozog. (II.)

A  $N$  tehát, amint ezek az adatok is mutatják, főképpen a fák életjelenségeinél játszik kiválóan fontos szerepet, azért az erdőknek szénrel való gazdálkodása mellett a  $N$ -gazdálkodás kétségkívül életbevágóan fontos tényezőt jelent. Korábban kitűzött célunknak megfelelően tehát a fák  $CO_2$ -táplálkozásának a vizsgálatával egyidőben a fák  $N$ -gazdálkodásának a vizsgálatát is megkezdtem, amelynek első lépéseként az erdőtalaj  $N$ -anyagcseréjének a kutatását tűztem ki célul, annak különböző szerves és szervetlen tényezőkkel való összefüggésében.

### A vizsgálatoknál használt eljárások.

A vizsgálatok folyamata alatt a következő fontosabb tényezőket vettem beható kutatás alá:

1. *A talaj össznitrogéntartalmát* a GUNIN—ATTERBERG-féle eljárás szerint határoztam meg. Ez az eljárás lényegileg az ismert KJELDAHL-féle vizsgálati módszeren alapul és vázlata röviden a következő:

Rendszerint 4—6 gr-nyi  $100^\circ$ -os hőmérsékletnél kiszáritott talajpróbát  $20\text{ cm}^3$  koncentrált kénsavval forrásig hevítettünk s ezután 15—18 gr káliumszulfáttal és 1 gr higannyal elegyítettük, mikor is a kezdetben zavaros oldat kb. 30 perc múlva tisztává vált és további 15 percig tartó hevítés folyamán a nitrogén ammoniumszulfáttá változott. A lehülés után ezt a koncentrált kénsavas oldatot 1 liter ürtartalmú lombikba öntjük át és itt desztillált vízzel kb.  $200\text{ cm}^3$ -re felhígítjuk, azután a rendes módon a KJELDAHL-féle desztilláló készülékbe bekapcsoljuk, azonban közvetlenül a desztillálás előtt még  $80\text{ cm}^3$  nátronlúgot öntünk hozzá, amely nátronlúg kb. 50 gr  $NaOH$ -t tartalmaz. A párlatot főzőpohárban fogjuk fel, amelyben mi rendszerint  $50\text{ cm}^3\text{ }^{1/10}$  normál  $H_2SO_4$ -et öntünk, amely az átdesztillált



ammoniókat elnyeli. Az  $\frac{1}{10}$  normál kénsavat azután a desztillálás befejezésekor  $\frac{1}{10}$  normál lúggal és alizarinszulfosavas nátriummal kititráljuk. A számítás nagyon egyszerű, miután  $100 \text{ cm}^3 \frac{1}{10}$  normál kénsavnak  $0.1707 \text{ gr } \text{NH}_3$ , illetőleg  $0.1401 \text{ N}$  felel meg. (III.)

2. A *nitrátnitrogén-tartalomnak* a meghatározására egy WITHING, RICHMOND és SCHOONOWER által kidolgozott eljárást használtunk. Az eljárás lényege röviden a következő:  $100 \text{ gr}$  talajt  $110^\circ$ -on  $10$ — $12$  óráig való szárítással állandó súlyig kiszárítunk, azután rázógéppel  $300 \text{ cm}^3$   $0.5\%$ -os sósavval  $4$ — $5$  órán keresztül kirázzuk. Az így előkészített oldatot egy éjjelen át állni hagyjuk és azután egy  $1$  literes KJELDAHL-lombikba az eredeti  $300 \text{ cm}^3$ -es oldatból  $200 \text{ cm}^3$ -t átöntünk, amelybe egyúttal  $5 \text{ gr } \text{Na}_2\text{O}_2$ -t is teszünk. Ezt az oldatot azután még kevés mennyiségű ureával elegyítjük s azután szárazra lepároljuk. A párlatot  $200 \text{ cm}^3 \text{H}_2\text{O}$ -val felhígítjuk s  $0.5 \text{ gr}$  DEVARDA-ötövezet hozzáadásával  $30$ — $40$  percen keresztül  $50 \text{ cm}^3$  normál kénsavval a KJELDAHL-készülékkel átdestilláljuk és megint csak  $\frac{1}{10}$ -es normál ( $\text{NaOH}$ ) lúggal és alizarinszulfosavas nátriummal kititráljuk. (IV.)

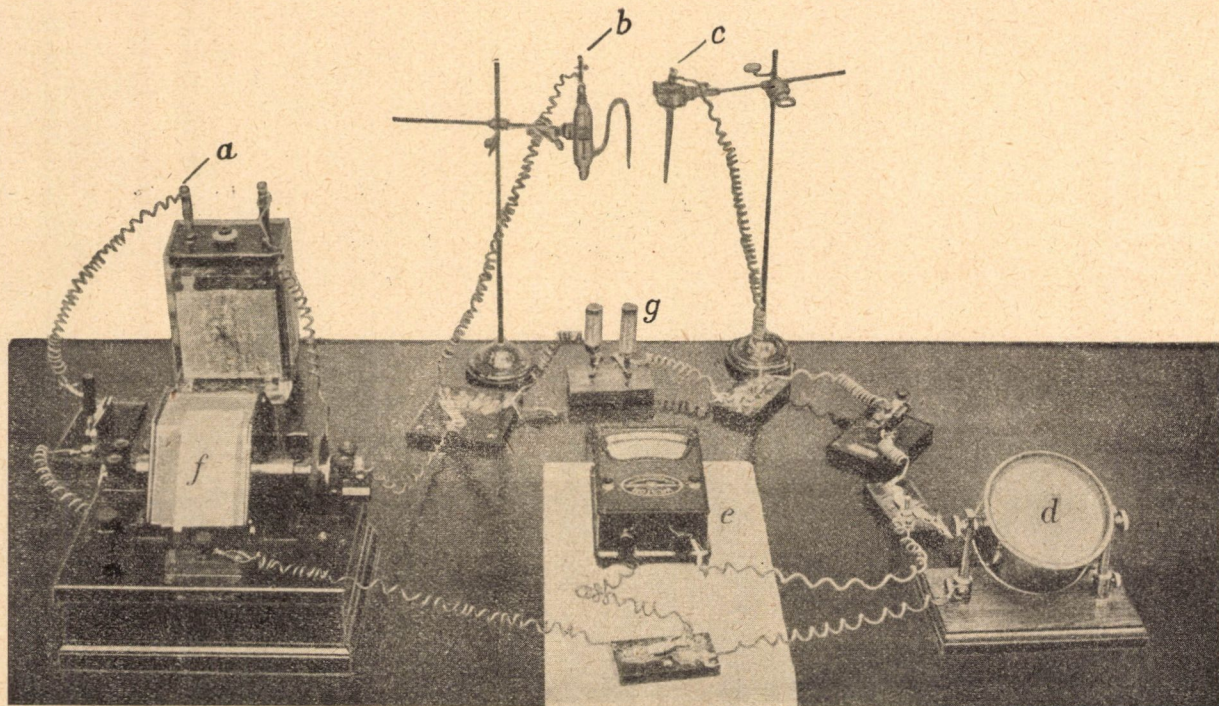
3. A *talaj protozoatartalmát* a CUTLER-féle eljárás szerint vizsgáltuk meg, amely eljárás az aktív alakokat az encystált formáktól elválasztja. (V.)

4. A *talaj összbaktériumszámát*, ahol a gelatina és ágáron növény aerob- és anaerobtelepek számát együtt adjuk meg.

5. A *talajbaktériumok* számát fiziológiai csoportok szerint egy a már meglevő eljárásunk alapján kidolgozott módszerrel tenyésztettem és számítottam az adott helyzetnek megfelelően, amely a higitásos és elektív eljárás kombinációján alapszik. (VI.)

6. A *talaj húmmisztartalmát* káliumbikromáttal mértem. (VII.)

7. A *ph-értékeket* chinhydron elektrodával elektrometrikus úton mértem, mégpedig részben a MISLOWITZER-féle készülékkel, részben pedig egy általunk összeállított apparátussal, amelyben mint  $0$ -készülék egy WESTON-féle galvanometer, illetőleg egy LE CHATELIER-féle millivoltmérő volt beállítva, míg a kompenzációt egy WHEATSTONE-híddal végeztük. A készülékbe a galvanometer kimérése céljából a durva beállításra egy MAX—KOHL-féle milliamperemeter volt beiktatva. (VIII.) L. 1. sz. ábra.



1. ábra. — Abbildung 1.

Elektrometrikus ph-mérőkészülék, *a* = accumulator, *b* = Chinhydronelektroda, *c* = elektroda, *d* = Milliampermeter, *e* = galvanometer, *f* = mérőhid, *g* = Cadmium elem.

Elektrometrischer apparat zur Messung der ph Werte, *a* = accumulator, *b* = Chinhydronelektrode (+), *c* = Elektrode, *d* = Milliampermeter, *e* = Zeigergalvanometer, *f* = Messbrücke, *g* = Cadmium element.

8. A talajhőmérsékletet mértem a talaj felszínén.

Azután mértem még

9. a léghőmérsékletet és

10. a csapadékmennyiséget.

Ez adatok közül a *ph*-értékeket rendszerint hetenkint, illetőleg kéthetenkint határoztam meg. A léghőmérsékletet regisztráló műszerekkel állandóan mértem, a csapadékot pedig esetről-esetre naponkint határoztam meg. A többi adatokat havonkint egyszer mértem.

A talajpróbák gyűjtésénél a kísérleti területekről a próbákat 15—20 helyről vettük a talajtakaró eltávolítása után 5—10 cm mélységből és a kapott talajmennyiséget azután gondosan összeelegyítettük.

A vizsgálatokat három kísérleti területen végeztük el, amelyeknek jellemző adatai a következők:

a) *A főiskola botanikus kertjében levő lúcos.*

I. sz. kísérleti terület.

Körülbelül 50 éves, szép növekedésű lúcos, gazdag aljnövényzettel, agyagtalajon.

A munkahely közelében a következő növények fordultak elő: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L. elszórtan, azután *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* BESS., *Viola silvestris* LAM., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (HUDS) R. et SCH., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) NECK., *Pissidens taxifolius*.

A vizsgálatok eredményeit a 2. sz. ábra és az I. sz. táblázat tartalmazza.

b) *Ágfalvi lúcerdő a főiskola tanulmányi erdejében.*

V. sz. kísérleti terület.

J gazdasági osztály, I. tag, 12. erdőrészlet. Terület 22 k. h. Meglehetősen mély, üde, kissé televényes homokos agyag. Al-

## I. sz. táblázat.

Főiskolai lúcos. I. sz. kísérleti terület.

	Hónap — Monat	1927 X.	XI.	XII.	1928 I.	II.	III.
1	Összes nitrogén — — — Gesamt Nitrogen	0·0028	0·0028	0·0028	0·0024	0·0034	0·0040
2	Nitrát-Nitrogén — — — Nitrát-Nitrogen	0·000020	0·000020	0·000020	0·000021	0·000030	0·000065
3	Baktériumok Bakterien { Aerob — — — — —	4·000,000	1 490,000	1 255,000	1 750,000	2 790,000	3 670,000
	Anacrob — — — — —	750,000	500,000	450,000	400,000	200,000	200,000
	Összesen Zusammen	4 750,000	1 990,000	1 705,000	2 150,000	2 990,000	3 870,000
4	Protozoák Protozoen { Összesen — — — — —	—	10,000	25,000	2,500	5,000	1,000
	Cysták — — — — —	—	7,500	10,000	1,000	2,500	1,000
	Cysten — — — — —	—	2,500	15,000	1,500	2,500	—
5	Nitrogénkötők — — — — — Nitrogenbindende Bakt.	10,100	7,400	4,700	2,000	2,000	2,000
6	Nitrifikálók — — — — — Nitrifizierende Bakt.	1,000	5,000	7,000	10,000	10,000	10,000
7	Denitrifikálók — — — — — Denitrifizierende Bakt.	100,000	70,000	40,000	10,000	10,000	10,000
	Humusztartalom % — — — Humusgehalt	2·15	2·0	1·80	1·70	1·20	0·87
	Ph. — — — — —	5·50	5·90	6·10	6·08	5·74	6·20
	Talajhőmérséklet C° — — — Bodentemperatur	9·53	6·23	+0·39	—0·05	+1·80	2·85
	Lég hőmérséklet C° — — — Lufttemperatur	13·56	5·87	—2·24	+1·81	3·85	4·96
	Csapadék mm — — — — — Niederschläge	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7	34·5

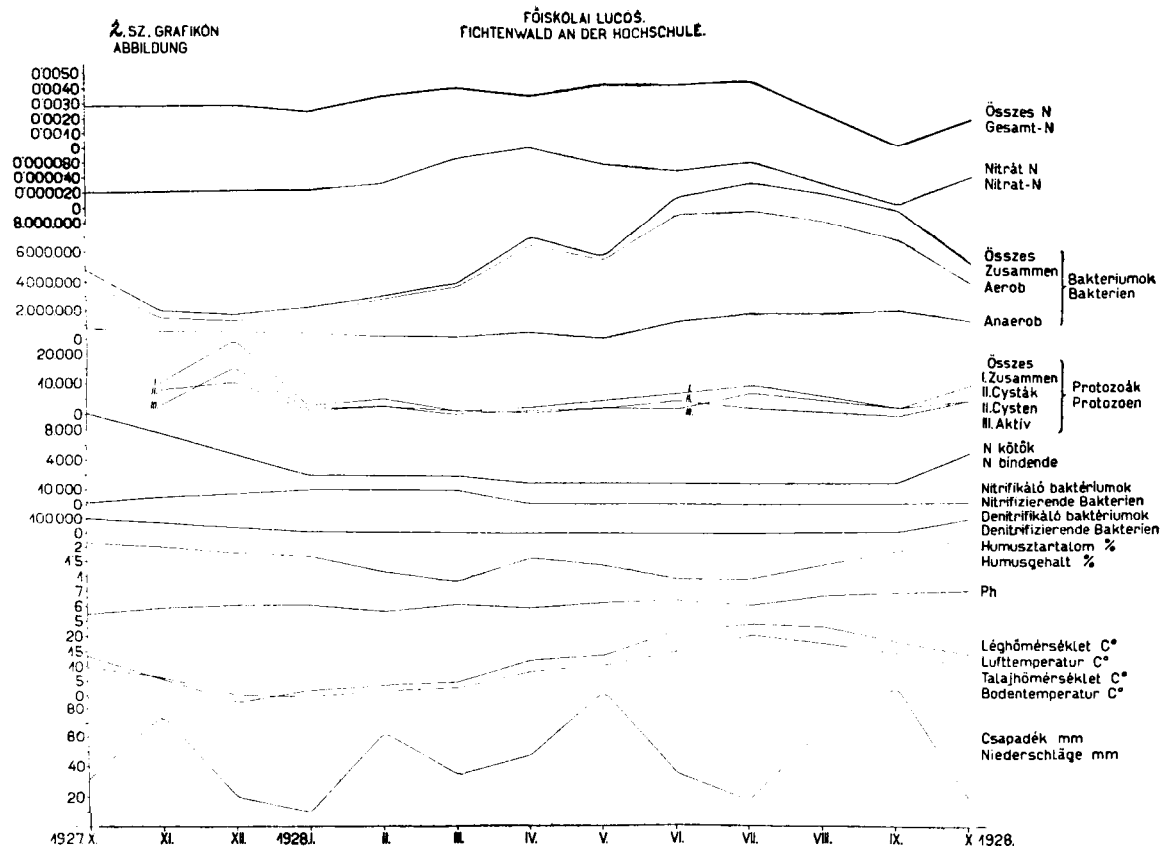
3—7. 1 gr nedves földben.

Tabelle I.

*Fichtenwald an der Hochschule. Versuchsfläche Nr. I.*

IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresdurchschnitt
0·0036	0·0044	0·0043	0·0044	0·0022	0·00077	0·0019	0·00306
0·000082	0·000060	0·000050	0·000060	0·000030	0·000009	0·000040	0·000039
6.460,000	5.450,000	8.600,000	8.770,000	8.000,000	6.700,000	3.800,000	4.825,000
500,000	200,000	1.300,000	1.800,000	1.800,000	2.000,000	1.300,000	877,000
6.960,000	5.650,000	9.900,000	10.570,000	9.800,000	8.700,000	5.100,000	5.687,000
2,500	5,000	7,500	10,000	6,300	2,500	10,000	7,275
1,000	2,500	2,500	7,500	5,000	2,500	5,000	4,000
1,500	2,500	5,000	2,500	1,300	—	5,000	4,183
1,100	1,100	1,100	—	1,100	1,100	5,000	3,061
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	3,846
10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000	30,770
1·63	1·40	0·96	0·97	1·90	2·35	2·83	1·67
5·94	6·31	6·52	6·23	6·74	6·90	7·04	6·24
8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·01	9·22
12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

3—7. pro gr. feuchter Erde.



2. ábra.

talaja kavics. Fekvése Dny., lejtőszög  $20^\circ$ . Tengerszínfeletti magassága 360—400 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány: lucfenyő [*Picea excelsa* (LAM et DC) LK.] 0·5, fekete-fenyő (*Pinus nigra* ARN) 0·1, vörösfenyő (*Larix decidua* MILL.) 0·1, gyertyán és nyár (*Carpinus betulus* L. és *Populus tremula* L.) 0·3. Kor: 24 év. Záródás: 1·0.

Aljnövényzet a következő: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium sylvaticum* (HUDS) R. et SCH., *Viola silvestris* LAM., *Convallaria majalis* L. és mohok.

Üzemtervi előírás: nemes fajok felszabadítandók, uralkodó fanem a lucfenyő, részben vörös- és fekete-fenyő, a hézagokban gyertyán, itt-ott nyár.

A mérési adatokat a 3. sz. ábra és a II. sz. táblázat mutatják.

c) *Ágfalvi sarjerdő a főiskola tanulmányi erdejében.*

VII. sz. kísérleti terület.

II gazdasági osztály, II. tag, 22. erdőrészlet. Területe 90 k. h., amelyből kijelölt terület 1 k. h. Talaja elég mély, üde, agyagos homok. Altalaja az északi részen kavics, a déli részen gneisz és pala. Fekvése Ék., lejtőszög  $30^\circ$ . Tengerszínfeletti magassága 360 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány: 0·7 lucfenyő [*Picea excelsa* (LAM et DC) LK.], 0·2 jegenyefenyő (*Abies alba* MILL.), 0·1 vörösfenyő (*Larix decidua* MILL.) néhány hagyásfával. Jelenleg a sarjak a fenyőket még túlhaladják, különösen a gyertyán, hárs, nyír, elvértve bükk és tölgy. Beerdősítve 1921-ben lett.

Aljnövényzet: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (POHL) E. MEY., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) ROTH, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Stellaria holostea* L., *Asperula odorata* L., *Epilobium montanum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Melampyrum nemorosum* L., *Peltigera canina* HOFFM.

## II. sz. táblázat.

*Ágfalvai lúcos. V. sz. kísérleti terület.*

	Hónap — Monat	1927 X.	XI.	XII.	1928 I.	II.	III.
1	Összes nitrogén — — — Gesamt Nitrogen	0·0028	0·0026	0·0028	0·0018	0·0020	0·0042
2	Nitrát-Nitrogén — — — Nitrat-Nitrogen	0·000033	0·000033	0·000034	0·000029	0·000031	0·000065
3	Baktériumok Bakterien { Aerob — — — — —	—	3.200,000	2.300,000	960,000	3.250,000	1.700,000
	{ Anaerob — — — — —	—	2.000,000	540,000	160,000	600,000	250,000
	{ Összesen — — — — — Zusammen	—	5.200,000	2.840,000	1.120,000	3.850,000	1.950,000
4	Protozoák Protozoen { Összesen — — — — — Zusammen	—	10,000	50,000	2,500	1,000	2,500
	{ Cysták — — — — — Cysten	—	7,500	25,000	1,000	1,000	1,000
	{ Aktiv — — — — —	—	2,500	25,000	1,500	—	1,500
5	Nitrogénkötők — — — — — Nitrogenbindende Bakt.	—	200	500	1,000	1,100	1,100
6	Nitrifikálók — — — — — Nitrifizierende Bakt.	—	1,000	5,000	10,000	10,000	1,000
7	Denitrifikálók — — — — — Denitrifizierende Bakt.	—	100,000	50,000	5,000	10,000	100,000
	Humusztartalom % — — — Humusgehalt	—	4·0	3·2	2·7	2·4	1·32
	Ph. — — — — —	—	5·2	5·5	5·8	6·12	5·8
	Talajhőmérséklet C° — — — Bodentemperatur	9·53	6·23	+0·39	—0·05	1·80	2·85
	Léghőmérséklet C° — — — Lufttemperatur	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85	4·96
	Csapadék mm — — — — — Niederschläge	32·7	75·7	20·3	9·7	63·7	34·5

3—7. 1 gr nedves földben.

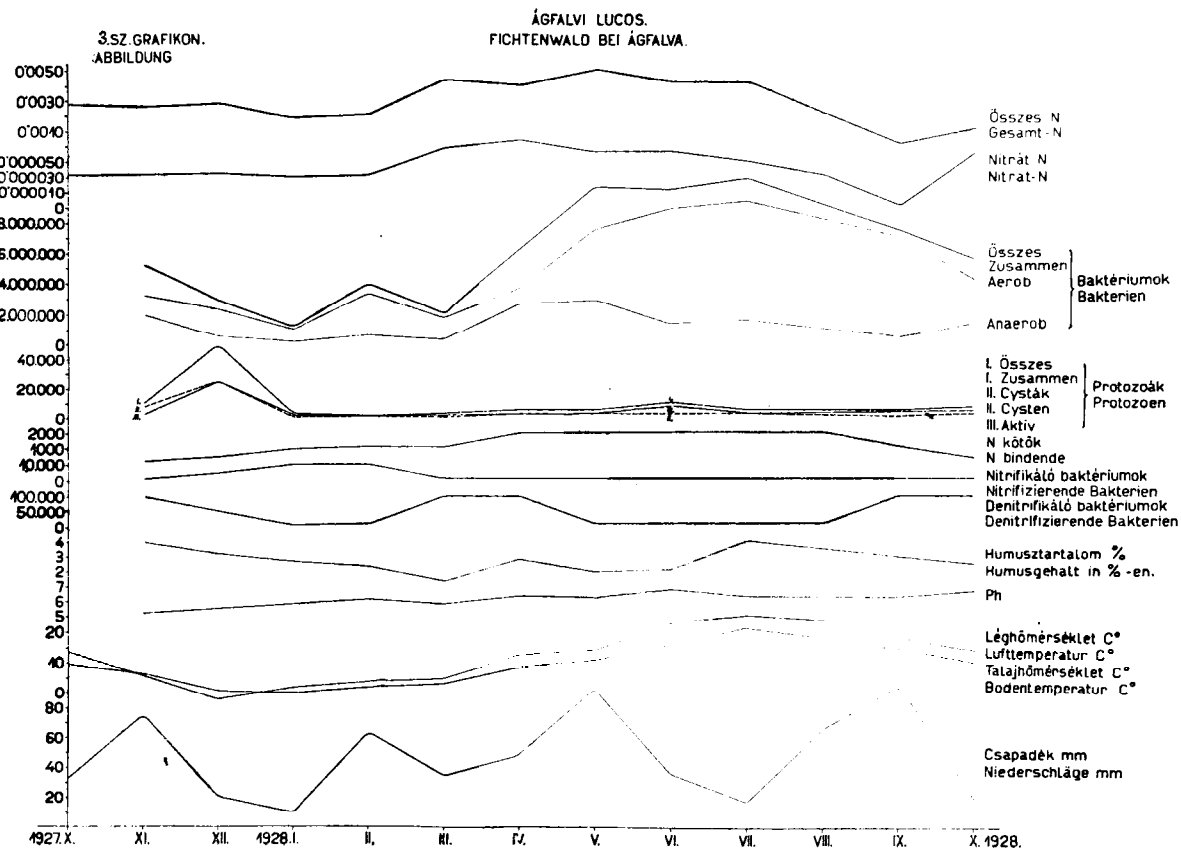


Tabelle II.

*Fichtenwald bei Ágfalva. Versuchsfläche V.*

IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresdurchschnitt
0·0038	0·0048	0·0040	0·0040	0·0020	0·00031	0·0011	0·00286
0·000075	0·000059	0·000060	0·000047	0·000030	0·000007	0·000060	0·000043
3.500,000	7.400,000	8.800,000	9.300,000	8.150,000	7.000,000	4.100,000	4.971,000
2.600,000	2.800,000	1.250,000	1.500,000	950,000	400,000	1.350,000	1.208,330
6.100,000	10.200,000	10.050,000	10.800,000	8.100,000	7.400,000	5.450,000	6.171,660
5,000	5,000	10,000	5,000	5,000	5,000	7,500	9,042
2,500	2,500	2,500	2,500	1,500	1,000	2,500	3,885
2,500	2,500	7,500	2,500	3,500	4,000	5,000	5,227
2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,100	400	1,280
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	2,830
100,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000	100,000	50,420
2·81	1·97	2·13	4·08	3·55	3·04	2·53	2·81
6·34	6·23	6·8	6·34	6·32	6·35	6·72	6·12
8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·01	9·22
12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
18·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

3—7. pro gr feuchter Erde.



3. ábra.

Üzemtervi előírás: az erdősítések felszabadítandók, hagyásfák kiszedendők.

A mérési eredményeket a 4. sz. ábra és a III. sz. táblázat tartalmazza.

Az eredmények összefoglalását mutatja az V. sz. összesítő táblázat.

A IV. sz. táblázat az össznitrogén- és nitrátnitrogén-mennyiségnek mélység szerint való megoszlását mutatja. Tájékoztatóul 1928 februárjában két kísérleti területen ezen faktorok vertikális elosztását is mértük. Ezek az adatok egyelőre csak tájékoztatóul szolgálnak.

E mérések mutatják, hogy az össz-N-tartalom 40 cm mélységig felülről lefelé számítva folyton emelkedik. Ezzel szemben a nitrát-N-tartalom csak 20 cm mélységig emelkedik, azután fokozatosan kevesbedik. Ennek a körülménynek oka valószínűleg részint abban keresendő, hogy ebben a mélységben a nitrifikáció  $O$  hiány következtében csökken, másrészt pedig ezekben a rétegekben a gyökök több nitrátnitrogént igényelnek.

### Az eredmények összehasonlító tárgyalása.

Ha a csatolt rajzok és táblázatok alapján az eredményeket áttekintjük, akkor a következő összefüggések mutathatók ki:

a) Az erdőtalaj N-anyagcsereje kifejezett időszaki változásokat mutat. Az erdőtalaj össznitrogéntartalma maximális értékeit a nyári hónapokban és pedig június és júliusban éri el. Ősszel rohamosan esik és minimumát mind a három kísérleti területen szeptember hó folyamán éri el. Október hó folyamán az össznitrogéntartalom görbéje ismét erősen emelkedik, azután késő ősssel és a tél folyamán változatlanul marad, tavasszal azonban megint elkezd emelkedni, hogy a nyár folyamán maximumát elérje.

A nitrátnitrogéntartalom ugyanilyen viselkedést mutat azzal a különbséggel, hogy maximumát tavasszal és pedig április és május hónapok folyamán éri el.

Az össznitrogéntartalmat és a nitrátnitrogéntartalmat összehasonlítva az összbaktériumszámmal azt találjuk, hogy mindegyik tényező a nyári hónapok folyamán éri el maximumát.

Sokkal kifejezettebb és világosabb összefüggés mutatkozik

## III. sz. táblázat.

*Ágfalvai sarjerdő. VII. sz. kísérleti terület.*

	Hónap — Monat	1927 X.	XI.	XII.	1928 I.	II.	III.
1	Összes nitrogén — — — Gesamt Nitrogen	0·0030	0·0030	0·0030	0·0025	0·0022	0·0042
2	Nitrát-Nitrogén — — — Nitrat-Nitrogen	0·000033	0·000030	0·000029	0·000028	0·000030	0·000041
3	Baktériumok Bakterien						
	Aerob — — — — —	—	3.600,000	2.300,000	1.050,000	3.162,500	2.640,000
	Anaerob — — — — —	—	200,000	170,000	100,000	120,000	200,000
4	Protozoók Protozoen						
	Összesen — — — — — Zusammen	—	3.800,000	2.470,000	1.150,000	3.282,500	2.840,000
	Összesen — — — — — Zusammen	—	7,500	5,000	7,500	2,500	5,000
5	Cysták Cysten	—	2,500	2,500	5,000	1,000	5,000
	Aktív — — — — —	—	5,000	2,500	2,500	1,500	—
6	Nitrogénkötők Nitrogenbindende	—	1,100	5,000	5,000	11,000	2,000
7	Nitrifikálók Nitrifizierende Bakt.	—	10,000	5,000	1,000	1,000	1,000
8	Denitrifikálók Denitrifizierende Bakt.	—	50,000	40,000	20,000	10,000	10,000
9	Humusztartalom ‰ Humusgehalt	—	2·20	2·20	2·25	2·80	2·03
10	Ph. — — — — —	—	4·90	4·75	4·61	5·79	5·81
11	Talajhőmérséklet C° Bodentemperatur	9·53	6·23	+0·39	—0·05	1·80	2·85
12	Léghőmérséklet C° Lufttemperatur	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85	4·96
13	Csapadék mm Niederschläge	32·7	75·7	20·3	9·7	63·7	34·5

3 — 7. 1 gr nedves földben.

Tabelle III.

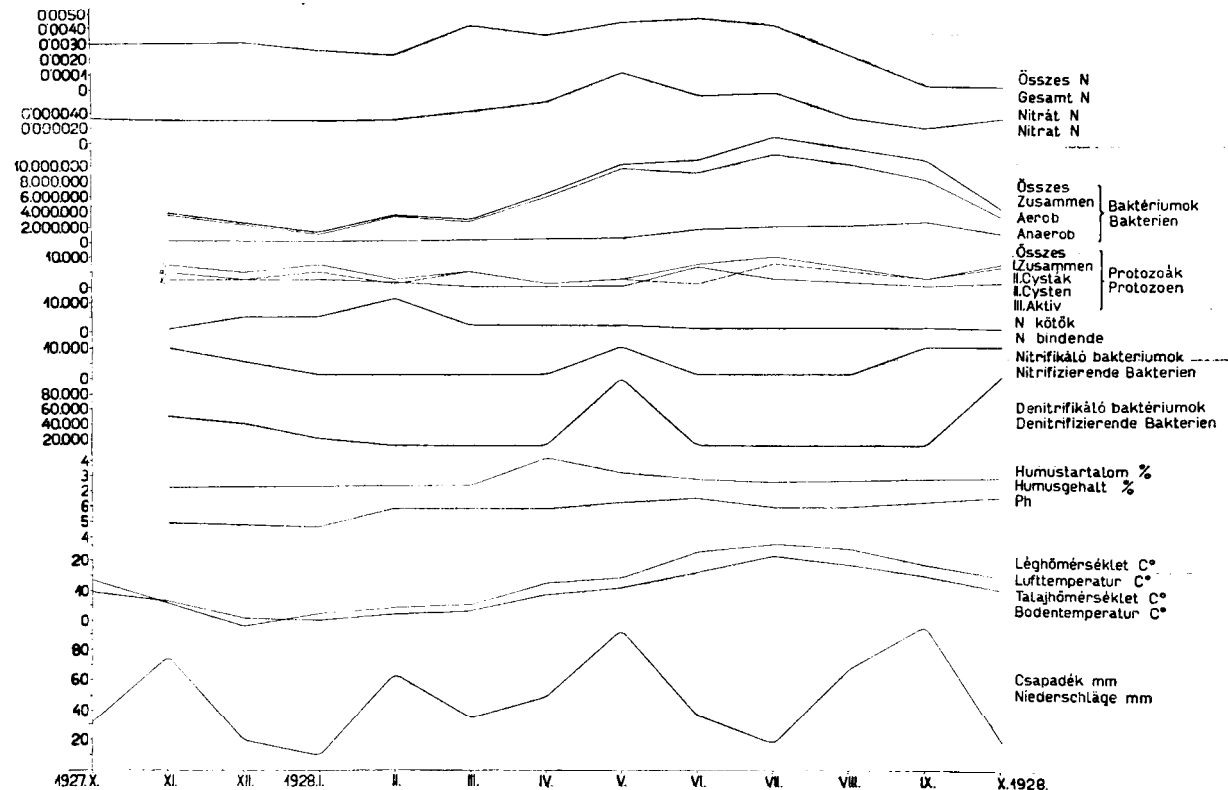
*Niederwald bei Ágfalva. Versuchsfläche VII.*

IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresdurchschnitt
0·0035	0·0043	0·0045	0·0040	0·0020	0·00058	0·00035	0·00208
0·000052	0·000090	0·000059	0·000063	0·000063	0·000017	0·000030	0·000040
5.800,000	9.550,000	8.930,000	11.300,000	10.000,000	8.000,000	3.100,000	5.786,710
350,000	400,000	1.500,000	1.900,000	2.000,000	2.500,000	1.000,000	870,000
6.150,000	9.950,000	10.430,000	13.200,000	12.000,000	10.500,000	4.100,000	6.654,375
1,000	2,500	7,500	10,000	6,200	2,500	7,500	5,375
1,000	2,500	1,000	7,500	5,000	2,500	1,000	3,041
—	—	6,500	2,500	1,200	—	6,500	3,525
2,000	2,000	1,100	1,100	1,100	1,100	1,000	2,790
1,000	10,000	1,000	1,000	1,000	10,000	10,000	4,330
10,000	100,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000	31,660
4·17	3·16	2·73	2·52	2·61	2·70	2·81	2·68
5·76	6·20	6·45	5·90	5·94	6·24	6·58	5·73
8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·01	9·22
12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

3—7. pro gr feuchter Erde.

4. SZ. GRAFIKON.  
ABBILDUNG

ÁGFALVI SARJERDŐ.  
NIEDERWALD BEI ÁGFALVA.



4. ábra.

a talaj- és léghőmérséklet és a két N-görbe között. Minthogy az elmondottakból következik, hogy a fényintenzitás és a hőmérséklet görbéje között kifejezett párhuzam áll fenn, úgy kétségkívül összefüggésnek kell fennállnia egyrészt az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom, másrészt pedig a fényintenzitás és a levegő- és talajhőmérséklet között is.

b) Az I. és V. sz. kísérleti területeken, amelyek jó záródású, középkorú állományok, a nitrifikáló baktériumok maximumukat a téli, illetőleg a koratavaszi hónapokban érik el. Az V. sz.

#### IV. sz. táblázat.

Az összes N- és nitrátmennyiségek mélység szerinti megoszlása  
1928 februárban.

Tabelle IV.

Tiefenverteilung des Gesamt- und Nitrat-Nitrogens in Februar 1928.

		Felszínen Oberfläche	20 cm mély- ségben 20 cm Tief	40 cm mély- ségben 40 cm Tief
Főiskolai lúcos Fichtenwald an der Hochschule	összes gesamt N	0.0034	—	—
	Nitrát N	0.000030	—	—
Ágfalvai lúcos Fichtenwald bei Ágfalva	összes gesamt N	0.0020	0.0027	0.0044
	Nitrát N	0.000031	0.000031	0.000029
Ágfalvai sarjerdő Niederwald bei Ágfalva	összes gesamt N	0.0022	0.0029	0.0046
	Nitrát N	0.000030	0.000035	0.000030

V. sz. táblázat.  
Évi átlagok.

Tabelle V.  
Jahresdurchschnittswerte.

	Kísérleti terület Versuchsfläche	Főiskolai lúcos Fichtenwald an der Hochschule	Ágfalvi lúcos Fichtenwald bei Ágfalva	Ágfalvi sarjerdő Niederwald bei Ágfalva
1.	Összes nitrogén Gesamt Nitrogen	0.00306	0.00286	0.00208
2.	Nitrát-Nitrogén	0.000039	0.000043	0.000040
3.	Baktériumok Bakterien	Aerob	4.825,000	4.971,000
		Anaerob	877,000	1.208,330
		Összesen Zusammen	5.687,000	6.171,660
4.	Protozókák Protozoen	Összesen Zusammen	7,275	9,042
		Cysták Cysten	4,000	3,885
		Aktív	4,183	5,227
5.	Nitrogénkötők Nitrogenbindende	3,061	1,280	2,790
6.	Nitrifikálók Nitrifizierende	3,846	2,830	4,330
7.	Denitrifikálók Denitrifizierende	30,770	50,420	31,660
	Humusztartalom % Humusgehalt	1.67	2.81	2.68
	Ph.	6.24	6.12	5.73
	Talajhőmérséklet C° Bodentemperatur	9.22	9.22	9.22
	Lég hőmérséklet C° Lufttemperatur	12.18	12.18	12.18
	Csapadék mm Niederschläge	47.3	47.3	47.3

1—2. gr pro gr feuchter Erde.

3—7. pro gr feuchter Erde.



kísérleti területen a denitrifikáló baktériumok egy tavaszi és egy őszi maximumot mutatnak, míg az I. sz. kísérleti területen csak egy őszi maximumot érnek el. Ezzel szemben a VII. sz. kísérleti területen ezek a baktériumok kissé eltérő viselkedést mutatnak, minthogy úgy a nitrifikáló, mint a denitrifikáló baktériumok tavasszal és ősszel érnek el egy-egy számbeli maximumot. Ezen a kísérleti területen a nitrifikáló baktériumok tavaszi maximumának következményeképpen a nitrogéntartalom görbéje is mutat egy tavaszi maximumot.

c) A N-kötő baktériumok nem mutatnak egységes viselkedést. Az elmondottakból következik, hogy a N-kötő baktériumok száma és a N-tartalom között nem volt lehetséges összefüggést kimutatni.

*Ezekben az esetekben egészen más eredményeket kaptunk, mint az erdei talaj  $CO_2$ -lélegzésének mérésénél.* A talaj  $CO_2$ -termelése ugyanis szoros összefüggésben van az összbaktérium-számmal, míg e vizsgálataim eredményei minden kétséget kizáróan világosan bizonyítják, hogy egy-egy erdőtípuson belül, az említett három baktériumfaj számbeli változásai a N-görbe alakulására nincsenek kihatással. (IX.) Az erdőtalaj N-anyagcseréjénél tehát a hőmérsékleti változások által szabályozott mikrobiológiai tevékenység intenzitása játssza azt a fontos szerepet, amely az erdőtalaj N-anyagcseréjét közvetlenül befolyásolja.

A talaj húmusztartalma és *ph*-értékei az erdőtalaj N-anyagcseréje szempontjából, egy-egy erdőtípus keretén belül, majdnem teljesen hatástalanok.

A két N-görbe általános lefolyása nézetem szerint a következőképpen magyarázható:

A N-tartalom főforrása tudvalevőleg az évenként megismétlődő lombhullás. A lombhullás ősszel történik, amikor a lehullott anyagot az őszi és téli alacsonyabb hőmérséklet következtében a baktériumok nem tudják kellőképpen feldolgozni. Tehát elsősorban nem a N-baktériumok számára, hanem azok életműködésére van a hőmérséklet hatással, miután a nitrifikáló baktériumok a kedvező nedvességi viszonyok következtében éppen ősszel érik el számbeli maximumukat.

A tavaszi és nyári hőmérsékletemelkedés maga után vonja azután a baktériumok fokozottabb működését. Ezzel a jelenséggel párhuzamosan azonban a fák fokozottabb életműködése is megindul, minek következtében a nitrátnitrogéntartalom természetesen elhasználódik. A nitrátnitrogénmennyiséget azután a nitrifikáló baktériumok az össznitrogéntartalomból kiegészítik. A későnyári és a koraőszi hónapokban azután ez össznitrogéntartalom is teljesen elhasználódik és mind a három erdőtípusban egyöntetűen az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom minimális értékeit szeptember hó folyamán éri el.

Az október hó folyamán újra bekövetkező lombhullás következtében a *N*-baktériumok ismét bőséges tápanyaghoz jutnak, s minthogy október hó folyamán a hőmérséklet aránylag még elég magas, azért a *N*-baktériumok a talaj *N*-készletét megint kiegészítik. Ez a *N*-mennyiség a tél folyamán kb. ugyanazon nívón marad és csak tavasszal indul meg ismét az össznitrogéntartalom és a nitrátnitrogéntartalom fent vázolt folyamata.

### Az eredmények összefoglalása.

1. Az erdőtalaj *N*-anyagszeréje kifejezett időszaki változásokat mutat. Az erdőtalaj össz-*N*-tartalma maximális értékeit a nyári hónapokban és pedig június és július hónapok folyamán éri el; ősszel rohamosan esik és minimumát mindhárom erdőtípusban szeptember hó folyamán éri el. Október hó folyamán azonban az össz-*N*-tartalom görbéje ismét emelkedést mutat.

2. A nitrát-*N*-görbe az össz-*N*-görbével egyező viselkedést mutat azzal a különbséggel, hogy maximumát a tavaszi hónapok folyamán, mégpedig áprilisban és májusban éri el.

3. Ha az össz-*N*-tartalom és a nitrát-*N*-tartalom görbáját az össz-baktériumszám görbéjével összehasonlítjuk, azt találjuk, hogy mindhárom tényező a nyári hónapok folyamán éri el maximumát.

4. Sokkal kifejezettebb és világosabb összefüggés mutatkozik a talaj- és léghőmérséklet és a két *N*-görbe között. Minthogy a fentiekből következik, hogy a fényintenzitás és a hőmérséklet görbéje között kifejezett párhuzam áll fenn, azért kétségtől

összefüggésnek kell fennállnia egyrésről az össz- $N$ -tartalom és a nitrát- $N$ -tartalom, másrésről pedig a fényintenzitás és a talaj- és levegőhőmérséklet között.

5. Vizsgálataim alapján kimondható, hogy egyrésről a nitrifikáló és  $N$ -kötő baktériumok, és másrésről az össz- $N$ -tartalom és a nitrát- $N$ -tartalom között nem áll fenn olyan kifejezett összefüggés, mint az erdei talaj összbaktériumszáma és  $CO_2$ -lélekzése között. Egy-egy erdőtípuson belül a nitrifikáló, denitrifikáló és  $N$ -kötő baktériumok változásai az össz- $N$ -tartalom és nitrát- $N$ -tartalom kialakulására majdnem egyáltalában nem gyakorolnak befolyást. Az erdőtalaj  $N$ -anyagcseréjénél tehát legfontosabb szereppel a mikrobiológiai tevékenység intenzitása bír, amelyet valószínűleg elsősorban a hőmérsékleti és csapadék-változások befolyásolnak.

6. A talaj húmusztartalma és  $pH$ -értékei egy-egy erdőtípus keretén belül nem gyakorolnak érezhető befolyást.

---

(A M. Tud. Akad. III. osztályának 1929 január hó 14.-én tartott üléséből.)

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN N-STOFFWECHSEL DES WALDBODENS.

Von D. FEHÉR.

(Aus dem bot. Institut der kön. ung. Hochschule für Berg- und Forst-  
ingenieure.)

Über diesen Gegenstand, wie ja überhaupt über den N-Umsatz der landwirtschaftlichen Boden, sind bereits recht zahlreiche Untersuchungen vorhanden. (I.) Entsprechend jener Fragestellung, die ich bei meinen früheren Untersuchungen aufgestellt habe, haben wir uns parallel mit den Kohlensäureuntersuchungen meines Institutes auch die Erforschung des N-Stoffwechsels im Waldboden in Angriff genommen. (IX.) Unser erstes Ziel war zunächst den zeitlichen Verlauf des N-Umsatzes und jener biologischen und biochemischen Prozesse zu verfolgen, welche den N-Stoffwechsel des Waldbodens beeinflussen.

Ich habe im Laufe dieser Untersuchungen getrachtet, auch dieses Fragenkomplex in seinem allseitigen Zusammenhange zu erfassen. Bei diesen Arbeiten habe ich in den N-Stoffwechsel des Waldbodens mit seinen beeinflussenden Faktoren untersucht.

Die untersuchten Detailfragen waren hierbei die folgenden:

1. *Der Gesamt-N-Gehalt* wurde nach dem Verfahren von GUNING-ATTERBERG ermittelt. (III.)

2. *Der Nitrat-N* wurde nach dem Verfahren von WITHING, RICHMOND und SCHOONOWER ermittelt. (IV.)

3. *Der Protozoengehalt*, wobei die Gesamtprotozoengehalt, die Cysten und die aktiven Formen getrennt nach dem Verfahren von CUTLER ermittelt wurden. (V.)

4. Der Gesamtbakteriengehalt, wobei die aeroben und anaeroben getrennt gezählt wurden und die Summe der beiden den Gehalt an Gesamtbakterien ergibt.

5. Die physiologischen Gruppen der Bodenbakterien wurde nach einer besonderen Methode bestimmt, die das elektive und Verdünnungsverfahren vereinigt. (VI.)

6. Der Humusgehalt wurde mit Kaliumbichromat bestimmt. (VII)

7. Die *ph*-Werte wurden elektrometrisch mit der Methode und Apparatur von MISLOWITZER ermittelt. Ausserdem haben wir noch eine eigene einfache Apparatur zusammengestellt, welche ebenfalls mit der Cyinhydronelektrode arbeitet. Als Nullinstrument diente ein WESTON-sches Galvanometer, und die Kompensation wurde mit einer WHEATSTONE—KIRCHHOFF-schen Brücke bewirkt. Um das Galvanometer möglichst schonen zu können, haben wir für die grobe Einstellung ein Milliampereometer vorgeschaltet, das dann für die feine Einstellung mit einem einfachen Stromwechsel nach Bedarf auf das Galvanometer umgeschaltet werden kann. (VIII.) (Fig. 1.)

8. Die Bodentemperatur wurde an der Oberfläche gemessen. Ausserdem habe ich noch

9. die Lufttemperatur und

10. die Niederschlagsmenge gemessen.

Die *ph*-Werte habe ich wöchentlich beziehungsweise zweiwöchentlich gemessen. Die Lufttemperatur wurde mit Registerapparaten fortlaufend gemessen und die Niederschlagsmenge wurde täglich bestimmt. Die anderen Faktoren wurden monatlich einmal gemessen.

Die Bodenproben wurden nach dem Entfernen der Boden-  
decke von 5—10 cm Tiefe von je 15—20 Stellen gesammelt und sorgfältig durchgemischt.

Die Untersuchungen habe ich auf drei Versuchsflächen durchgeführt, deren kurze Beschreibung ich im folgenden gebe:

### 1. Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. I.

Alter 50 Jahre, auf Lehmboden mit reichlichen Bodenpflanzen.

In der Nähe des Versuchsplatzes haben wir die folgende Bodenpflanzen gefunden: zerstreut: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L., dann *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* BESS., *Viola silvestris* LAM., *Lysimachia mummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (HUDS.) R. et SCH., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) NECK., *Fissidens taxifolius*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 2 und Tabelle Nr. I.

### 2. Fichtenwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. V.

Betriebsklasse: J. Glied: I. Waldparzelle: 13. Standortsklasse II. Höhe 360—400 m ü. d. M. Frischer, sandiger Lehmboden auf Schotter. Alter: 24 Jahre. Bestandesschluss: 1·0 Exposition SW. Besteht aus 0·5 Fichte [*Picea excelsa* (LAM et DC.) LK.], 0·1 Schwarzkiefer (*Pinus nigra* ARN.), 0·1 Lärche (*Larix decidua* MILL.), 0·3 Weissbuche (*Carpinus betulus* L.) und Pappel (*Populus tremula* L.).

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium sylvaticum* (HUDS.) R. et SCH., *Viola silvestris* LAM., *Convallaria majalis* L. und Moose.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 3 und Tabelle Nr. II.

### 3. Unterbauter Niederwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. VII.

Betriebsklasse: H. Glied: II. Waldparzelle: 22. Standortsklasse II. Fläche 1 kat. Joch. Alter 7 Jahre. Höhe 360 m ü. M.

Frischer, sandiger Lehmboden, Untergrund an dem nördlichen Teil Schotter und an dem südlichen Teil Schiefer und Gneis. Besteht aus 0·7 Fichte [*Picea excelsa* (LAM et DC.) LK.], 0·3 Tanne (*Abies alba* MILL.) und Lärche (*Larix decidua* MILL.). Den Niederwald bilden Sprossen von *Carpinus betulus* L. Zerstreut einige *Castanea sativa* MILL. und *Fagus sylvatica* L.

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Genista pilosa* L., *Genista germanica* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula memo-rosa* (POHL) E. MEY., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) ROTH, *Convallaria majalis* L., *Galium sylvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Clasmen europaeum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Peltigera canina* HOFFM.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Figur Nr. 4 und Tabelle Nr. III.

Tabelle IV zeigt die Tiefenverteilung des Gesamt- und Nitrat-N-Gehaltes im Monate Feber 1928 bei zwei Versuchsflächen.

Die Ergebnisse sollen vorläufig nur zur Orientierung dienen. Sie zeigen die recht interessante Tatsache, dass der Gesamt-N-Gehalt bis zu 40 cm Tiefe allmählich zunimmt. Dagegen zeigt der Nitrat-N-Gehalt nur bis zu 20 cm Tiefe eine wahrnehmbare Zunahme, und später bis 40 cm Tiefe tritt eine Verminderung ein. Diese Tatsache findet ihre Erklärung wahrscheinlich in dem Umstand, dass in dieser Tiefe einerseits die Nitrifikation infolge des O-Mangels geringer wird und anderseits diese Schichten zu dem wirksamen Wurzelbereich gehören und dadurch natürlich eine erhöhte Nitrataufnahme bedingt wird.

Die Zusammenfassung der Resultate zeigt Tabelle Nr. V.

### Die Besprechung der Resultate.

Wenn wir auf Grund der beigefügten Abbildungen und Tabellen die Ergebnisse dieser Untersuchungen näher betrachten, so ergeben sich die folgenden biologischen Zusammenhänge:

a) Der N-Stoffwechsel des Waldbodens hat einen ausgeprägten zeitlichen Verlauf. Der Gesamt-N-Gehalt des Waldbodens erreicht ihre maximalen Werte in den Sommermonaten Juni und Juli. Im Laufe des Herbstes tritt eine rapide Abnahme

ein und das Minimum resultiert bei allen drei Waldtypen im Laufe des Monates September. Von September auf Oktober zeigt die Gesamt-N-Kurve eine rapide Steigerung, im Laufe des Spätherbstes und des Winters bleibt sie ungefähr auf dem gleichen Niveau, steigt aber in den Frühlingsmonaten wieder merklich an um ihr Maximum in Hochsommer zu erreichen.

Der Nitrat-N-Gehalt zeigt ungefähr das gleiche Bild mit dem Unterschied jedoch, dass das Maximum des Nitrat-N-Gehaltes im Frühling und zwar in den Monaten April und Mai zu konstatieren ist.

Zwischen den Gesamt-N-Gehalt und dem Nitrat-N-Gehalt einerseits und dem Gesamtbakteriengehalt andererseits besteht insofern ein Zusammenhang, dass alle insgesamt ihr Maximum in den Sommermonaten erreichen.

Viel prägnanter und deutlicher ist der Zusammenhang zwischen der Boden- und Lufttemperatur und dem Verlauf der beiden N-Kurven. Da nach den Vorstehenden zwischen der Lichtintensität und der Temperaturkurve ein ausdrücklicher Parallelismus besteht, so kann man ganz entschieden einen Zusammenhang zwischen dem Gesamt-N- und Nitrat-N-Gehalt und diesen beiden Umweltfaktoren konstatieren.

b) Bei den beiden Versuchsflächen, Versuchsfläche I und V, welche gut geschlossene und mittelalterige Bestände sind, zeigen die nitrifizierenden Bakterien ein Maximum im Winter bzw. im Vorfrühling. Bei Versuchsfläche Nr. V weisen die denitrifizierenden Bakterien ein Frühjahrs- und ein Herbstmaximum und bei der Versuchsfläche I nur ein Herbstmaximum auf. Versuchsfläche Nr. VII zeigt etwas abweichendes Verhalten, da hier die nitrifizierenden und denitrifizierenden Bakterien gleichwohl ein Frühjahr- und ein Herbstmaximum zeigen. Bei dieser letzten Versuchsfläche entspricht nun dem Frühjahrsmaximum der nitrifizierenden Bakterien auch ein Frühjahrsmaximum des Nitrat-N-Gehaltes.

c) Die N-bindenden Bakterien geben kein einheitliches Bild. Aus den Gesagten geht auch nun hervor, dass zwischen der Anzahl dieser Bakterien und dem N-Gehalt kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden kann. In diesem Falle be-



kommen wir daher ein ganz anderes Bild, als bei der Kohlen-säureproduktion des Waldbodens. (IX.) Dieser Faktor steht nämlich in ganz deutlichem und kausalem Zusammenhang mit der Anzahl der Gesamtbakterien. Bei der N-Bindung im Waldboden kann auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse ohne weiteres festgestellt werden, dass innerhalb eines Waldtypes die zahlenmässigen Änderungen der erwähnten drei Bakterienarten für die Gestaltung der beiden N-Kurven wirkungslos sind. Bei dem N-Stoffwechsel des Waldbodens spielt also durch die Temperaturänderungen induzierte Intensität der Mikrobentätigkeit jene ausschlaggebende Rolle, welche den Verlauf des N-Umsatzes des Waldbodens unmittelbar beeinflusst.

Desgleichen sind auch innerhalb des gleichen Waldtypes der Humusgehalt und die *ph*-Werte fast vollkommen wirkungslos.

Der allgemeine Verlauf der beiden N-Kurven kann nach meiner Ansicht folgender Weise erklärt werden:

Die Hauptquelle des N-Gehaltes des Waldbodens ist ja bekanntlich der alljährlich eintretende Laubfall. Da der Laubfall im Herbst erfolgt, so kann das derart gewonnene Material infolge der niedrigen Temperatur im Spätherbst und im Winter durch die Bakterien nicht genügend verarbeitet werden. In diesem Falle wird daher in der ersten Reihe nicht die Anzahl, sondern die Intensität der N-Bakterien durch die Temperatur beeinflusst, da im Herbst die nitrifizierenden Bakterien infolge der günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse ihr Maximum erreichen.

Gemäss der steigenden Temperatur im Frühjahr und im Sommer tritt nun eine erhöhte Intensität der Bakterien ein. Parallel mit dieser Erscheinung beginnt aber auch die Lebens-tätigkeit der Waldbäume, wodurch natürlich hauptsächlich die Nitrat-N-Mengen verbraucht werden. Die Menge des Nitrat-N wird jedoch durch die nitrifizierenden Bakterien aus dem Reservestock des Gesamt-N ergänzt. Im Laufe des Spätsommers und des Frühherbstes wird aber auch dieser Vorrat allmählich erschöpft und es zeigen nun alle drei Waldtypen vollkommen übereinstimmend, dass der Vorrat an Gesamt-N und Nitrat-N ihre minimale Werte im Monate September erreichen.

Im Oktober erfolgt wieder der Laubfall, wodurch den *N*-Bakterien reichliche Nahrung geboten wird. Und da im Monate Oktober die Temperatur noch verhältnismässig hoch bleibt, so wird dadurch der *N*-Vorrat des Bodens durch die *N*-Bakterien wieder ergänzt. Dieser Vorrat bleibt jedoch im Laufe des Winters ungefähr auf dem gleichen quantitativen Niveau und erst im Frühjahr beginnt dann wieder der bereits geschilderte Verlauf des Gesamt-*N*-Gehaltes und Nitrat-*N*-Gehaltes des Waldbodens.

### Zusammenfassung der Resultate.

1. Der *N*-Stoffwechsel des Waldbodens erreicht ihre maximalen Werte in den Sommermonaten Juni und Juli. Im Laufe des Herbstes tritt eine rapide Abnahme ein und das Maximum resultiert bei allen drei Waldtypen im Laufe des Monats September.

2. Der Nitrat-*N*-Gehalt zeigt ungefähr das gleiche Bild mit dem Unterschied, dass das Maximum des Nitrat-*N*-Gehaltes im Frühling und zwar in den Monaten April und Mai zu konstatieren ist.

3. Zwischen dem Gesamt-*N*-Gehalt und dem Nitrat-*N*-Gehalt einerseits und dem Gesamtbakteriengehalt andererseits besteht insofern ein Zusammenhang, dass alle insgesamt ihr Maximum in den Sommermonaten erreichen.

Viel prägnanter und deutlicher ist der Zusammenhang zwischen der Boden- und Lufttemperatur und dem Verlauf der beiden *N*-Kurven. Da nach den Vorstehenden zwischen der Lichtintensität und der Temperaturkurve ein ausdrücklicher Parallelismus besteht, so kann man ganz entschieden einen Zusammenhang zwischen dem Gesamt-*N*-Gehalt und Nitrat-*N*-Gehalt und diesen beiden Umweltfaktoren konstatieren.

5. Bezüglich den Zusammenhang zwischen den nitrifizierenden und *N*-bindenden Bakterien einerseits und dem Gesamt-*N*-Gehalt und Nitrat-*N*-Gehalt andererseits, besteht kein so ausgeprägter und kausaler Zusammenhang wie zwischen dem Bakteriengehalt des Waldbodens und der Kohlensäureproduktion desselben. Bei der *N*-Bindung im Waldboden kann auf Grund meiner Untersuchungsergebnisse ohne weiteres festgestellt werden, dass

innerhalb eines Waldtypes die zahlenmässigen Änderungen der nitrifizierenden, denitrifizierenden und N-bindenden Bakterien für die Gestaltung der Gesamt-N-Kurve und Nitrat-N-Kurve fast wirkungslos sind.

Bei den N-Stoffwechsel des Waldbodens spielt also wahrscheinlich die Hauptrolle die Intensität der Mikrobentätigkeit, welche in erster Reihe durch die Temperaturänderungen bedingt wird.

6. Die *ph*-Werte und die Werte des Humusgehaltes sind innerhalb des gleichen Waldtypes ebenfalls ohne deutlicher Wirkung.

### Irodalom. — Literatur.

I. WAKSMAN, TENNEY und STEVENS: The role of mikroorganismus in the transformation of organic matter in forest soils. (Ecology, Vol. IX. No. 2.)

AALTONEN, V. T.: Über die Umsetzung der Stickstoffverbindung im Waldboden. (Communicationes ex instituto questionum forestalium Finlandiae editae 10. Helsinki, 1926.)

NEMEC, A. und KVAPIL, K.: Der Einfluss der Bestände auf die Bildung der Stickstoffverbindungen im Waldboden. (Les. práce, S. 231.)

HESELMAHN, HENRIK: Die Bedeutung der Stickstoffmobilisierung in der Rohhumusdecke für die erste Entwicklung der Kiefern und Fichtenzpflanzen. (Mitteilungen aus der forstl. Versuchsanstalt, 1927. H. 23.)

II. BÜSGEN—MÜNCH: Bau und Leben unserer Waldbäume. Jena, 1927. S. 233.

III. WAHNSCHAFTE: Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. 1924. S. 132.

IV. WITHERING, RICHMOND und SCHOONOWER: Journal. Ind. and Eng. chem., 1920. 12., p. 982—984.

V. CUTLER: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agricultural Science, 10., p. 135—143. 1927.)

VI. A. WAKSMAN: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung, 1927.

BOKOR: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2.)

BOKOR: Untersuchungen über die Mikroflora der Waldboden. (Forstl. Versuche, 1926. 1—2. Sopron.)

VII. VÁGI: Die Elemente der Bodenkunde. 1928. Sopron, S. 177.

VIII. MISLOWITZER: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. 1928. S. 245.

IX. FEHÉR—VÁGI: Biochemische und biophysikalische Untersuchungen über die Einwirkung der wichtigsten biologischen Faktoren auf das Leben und Wachstum der Waldbestände. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2.)

FEHÉR: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (Flora, Allg. bot. Zeitung, Bd. 121, S. 316—333. 1927.)

D. FEHÉR—G. SOMMER: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes, II. (Biochemische Zeitschrift, Bd. 199., H. 4—6. 1928.)

FEHÉR D.—SOMMER G. Vizsgálatok az erdőtalaj lélekzéséről. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője, XLV. köt. 1928.)

D. FEHÉR—G. SOMMER: Untersuchungen über die biologische und forstwirtschaftliche Bedeutung der  $CO_2$ -Atmung der Waldböden. (Math. und Naturw. Anzeiger der Ung. Akad. der Wissenschaften, Bd. XLV. 1928.)

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Jänner 1929.)



# VIZSGÁLATOK AZ ERDŐTALAJ BIOLÓGIAI TEVÉKENYSÉGÉNEK IDŐSZAKI VÁLTOZÁSAIRÓL.

FEHÉR DÁNIEL-től.

(A m. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növényteni Intézetéből.)

## Bevezetés.

Az erdő széntáplálkozására vonatkozó kutatásaink alkalmával sikerült az eddigi vizsgálatok eredményeképpen a fontosabb összefüggéseket, amelyek az erdőtalaj  $CO_2$ -lélekzése, az erdei levegő  $CO_2$ -tartalma, az erdőtalaj mikroflórájának és mikrofaunájának a tevékenysége és az ezekre befolyással levő szerves és szervetlen termőhelyi tényezők között fennállanak, felderíteni. Azonban ezek a kutatásaink alatt mindinkább arra a meggyőződésre jutottam, hogy a fontosabb termőhelyi tényezőknek: a talaj és a levegő hőmérsékletének és a fényintenzitásnak a befolyását csak akkor fogjuk tudni tisztán és kifogástalanul megismerni, ha az idevonatkozó jelenségeket lehetőleg mind a négy tenyésztési időszakban rendszeres megfigyelésnek vetjük alá. Különösen áll ez a talaj mikroflórájának és mikrofaunájának a megismerésére. (I.)

Az eddigi vizsgálatok alatt ugyanis csak rövid megfigyelési időszakokkal dolgoztam és éppen ezért az itt elért eredmények nem szolgáltatnak minden tekintetben olyan pontos felvilágosításokat, amelyek exact tudományos szempontból kielégítőek lettek volna. Ezen oknál fogva elhatároztam, hogy a fentemlített tényezőket egy éven keresztül rendszeres és összefüggő megfigyeléseknek fogom alávetni. Ezen célból a főiskola területén levő középkorú lúcfenyvesben, továbbá a főiskola tanulmányi erdejé-

ben levő fiatalokú lúcfenyvesben és az ennek a szomszédságában levő sarjerdőben rendszeres, egész évre kiterjedő vizsgálatokat folytattam.

Tekintettel azonban a talajlélekzés és a levegő  $CO_2$ -tartalmának ezidőszereint még nagyon körülményes vizsgálati módszereire, amelyeknek a keresztülvitele különösen a téli hónapokban már fizikailag is rendkívül nagy nehézségekkel jár, a levegő  $CO_2$ -tartalmát és a talajlélekzést csak a főiskolai lúcosban mértük az egész év folyamán, míg a másik két területen csak a többi termőhelyi tényezőt és a mikroflórát és a mikrofaunát vizsgáltuk rendszeresen.

### A vizsgálati módszerek ismertetése.

1. A talajlélekzés mérésénél az egész megfigyelési időszak alatt az általam bevezetett új eljárást alkalmaztam, amely a talaj  $CO_2$ -tartalmát a LUNDEGARDH-féle volumetrikus  $CO_2$ -készülékkel határozza meg olyan módon, hogy előzőleg a talaj levegőjét egy a talajba süllyesztett, horganylemezéből készült, belül praaffinozott, ismert ürtartalmú hengerbe gyűjti össze, amely hengert a LUNDEGARDH-féle készülékkel összeköti, az adott térfogatú próba-levegőt beszívja s végül a  $CO_2$ -t ismert titerrel bíró barytvízzel elnyeleti és az így keletkezett titerdifferenciából a kilélekzett  $CO_2$ -mennyiséget grammokban meghatározza és kiszámítja. (II.)

Az eljárás lényegét a következő egyenlet fejezi ki:

$$X_{CO_2} = \left[ \frac{H - h_1 + h_2}{h_3} (t_0 - t_1) f - (H - h_1 + h_2) g \right] \frac{60}{t} \cdot \frac{10,000}{T} \text{ gr}$$

pro óra és  $m^2$ , ahol

$H$  = a talajharang ürtartalma  $cm^3$ -ben,

$h_1$  = a besüllyedés által előállott térfogatveszteség,

$h_2$  = a vezeték ürtartalma  $cm^3$ -ben,

$h_3$  = a beszívott levegő ürtartalma  $cm^3$ -ben,

$t_0$  = a kezdeti titer,

$t_1$  = a végtiter,

$g$  = a levegő  $CO_2$ -tartalma  $\frac{\text{gramm}}{cm^3}$ ,

$t$  = az idő percekben a harang lezárásától annak felnyitásáig,

$f$  = az  $\frac{n}{x}$   $HCl$  átszámítási tényező  $CO_2$ -ra  $cm^3$ -ben, a  $2HCl=CO_2$  meggondolás szerint,

$T$  = a talajharang által elfoglalt terület  $cm^2$ -ben.

Miután kellő körültekintéssel irhattunk:

$$\begin{aligned} \frac{H-h_1+h_2}{h_3} &= a, & H-h_1+h_2 &= b, \\ \frac{10,000}{T} &= c, & \frac{60}{t} &= d, \end{aligned}$$

akkor a képlet a gyakorlati számításhoz ezt az igen egyszerű alakot nyeri:

$$X = [a(t_0-t_1)f - b.g] c.d.$$

A vezeték hossza ( $h_2$ ) rendszeren olyan kicsi volt, hogy ez a normális hibahatáron belül esvén, elhanyagolhatóvá vált s így a képlet konstans értékei még egyszerűbb értékeket vettek fel:

$$a = \frac{H-h_1}{h_3}, \text{ és } b = H-h_1.$$

A képlet tehát:

$$X = [a(t_0-t_1)f - b.g] c.d.$$

2. A levegő  $CO_2$ -tartalmát szintén a LUNDEGARDH-féle volumetrikus készülékkel mértem (III.), azonban tekintettel a rendkívül sok időt igénybevevő tömegvizsgálatokra, csak 3 m-rel a talaj színe felett, tehát a korona kezdetében vizsgáltam az erdei levegő  $CO_2$ -tartalmát.

Ez a két vizsgálat, különösen a téli hónapok folyamán, amikor a levegő hőmérséklete  $0^\circ$  alá süllyed, meglehetősen nehézségekkel jár, úgyhogy a vizsgálatokat csak úgy tudtuk lefolytatni, hogy a készülékeket, illetőleg a készülékeknek üvegéből készült és levegővel érintkező részeit melegvíz köpönyeggel vettük körül. Így is kézenfekvő dolog, hogy a vizsgálat már fizikailag is rendkívül nehéz és időtrábló volt.

3. A talajbaktériumok számát meghatároztam fiziológiai csoportok szerint s egyúttal mértem a talajbaktériumok számát

egyesítve is, amikor is elkülönítettem egymástól az aerob és az anaerob baktériumokat és a kettőnek az összegéből az összbaktérium számot számítottam ki. A talajbaktériumok kitenyésztésére egy, az intézetemben már előzőleg Bokor által kidolgozott és bevezetett és az utóbbi időben nagyon bevált eljárást alkalmaztam, amely a szelektív és higitásos tenyésztési eljárásokat nagyon célszerűen egyesíti egymással és amint éppen e vizsgálatok eredményei mutatják, a fenti célra teljesen kielégítő és nagyon jól használható eredményeket adott. (I.)

4. A talajprotozoák számát a CUTLER-féle eljárással vizsgáltam, amelyet teljes részletességgel a Magyar Tudományos Akadémia III. osztályának 1928. évi november hó 12-én bemutatott értekezésünkben már részletesen ismertettünk. (IV.)

5. A talajgombák számát egy, WAKSMANN által ajánlott módszer szerint határoztam meg. (VI.)

6. A húmusztartalmat káliumbikromáttal, (V.)

7. a víztartalmat normális módon  $100^{\circ}$ -ra való hevítéssel,

8. a vízkapacitást rézhengerekkel, (VII.)

9. a porozitást piknometer segítségével eszközöltem. (VII.)

10. A levegőkapacitást a 8. és 9. szerint nyert adatokból számítottam ki, miután a levegőkapacitás tudvalevőleg a porozitás és az abszolút vízkapacitás összegéből számítható ki.

11. A fényintenzitást az általam már több éven keresztül használt és jól bevált EDER-HECHT-féle készülékkel mértem (VII.), és az erdőbe beeresztett fénymennyiségnek a szabad fényhez viszonyított mennyiségét BUNSEN-ROSCOE-egységek szerint kiszámított %-ban fejeztem ki. Egyszerűség kedvéért azonban a szabadföldi fényintenzitást és az erdei fényintenzitást egyszerűen a leolvasott fokok számával adtam meg, mindig 1 perc leolvasási időt véve alapul. Ezekből a BUNSEN-ROSCOE-egységek a grafikonok szerint bármikor kiszámíthatók.

12. A *ph*-értékeket chinhydron elektrodával mértem, még pedig az általam előállított és már ismertetett egyszerű készülék segítségével, melybe 0 készüléknek egy WHISTON-féle galvanometer, illetőleg egy Le CHATELIER-féle millivoltmeter volt beállítva, míg a kompenzációt egy WHEATSTONE-hiddal végeztem. A készülékbe a durva beállításra egy MAX-KOHL-féle milliampe-



remetert alkalmaztam és a készülék működését időről-időre egy MISLOWITZER-féle precíziós készülékkel ellenőriztem. (IX.)

Ami most már a vizsgálatok végrehajtásának részleteit illeti, erre vonatkozóan röviden csak a következőket óhajtom tájékoztatásul megjegyezni:

A talajlélekzést, a talaj hőmérsékletét, mégpedig ezt három különböző mélységben: a felszínen, 0.5 m és 1.0 m mélységben, a levegő hőmérsékletét, a szélerősséget s a fényintenzitást lehetőleg minden nap mértem, illetőleg a levegő hőmérsékletét és a páratartalmat regisztráló műszerekkel állandóan jegyeztem. A baktériumok, gombák és protozoák számát, tekintettel az azokkal járó rendkívül kiterjedt munkálatokra, miután fiziológiai csoportok szerint is dolgoztunk, csak havonként egyszer mértem, azonban a kritikus hónapokban: december-, január- és februárban ellenőrzésül még kéthetenként is kitenyésztettem az össz-baktériumszámot.

## A kísérleti területek rövid leírása.

### 1. A főiskola botanikus kertjében levő lúcos.

#### I. sz. kísérleti terület.

Körülbelül 50 éves, szép növekedésű lúcos, gazdag aljnövényzettel, agyagtalajon.

A munkahely közelében a következő növények fordultak elő: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L. elszórta, továbbá *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* BESS, *Viola silvestris* LAM., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (HUBS) R. et SCH., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) NECK., *Fissidens taxifolius*.

A mérési adatokat az 1. számú grafikon és az I. számú táblázat mutatják.

I. sz. táblázat.  
Főiskolai lúcos.

Hónap Monat	Aerob	Anaerob	Összesen Zu- sammen	Gomba Pilze	N-kötők (aerob és anaerob) N-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Celulózbontó (aerob és anaerob) Cellulosezerstzer (aerob und anaerob)	Pektinbontó (aerob és anaerob) Pektinvergärer
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1927									
X.	4.000,000	750,000	4.750,000	200,000	10,100	1,000	100,000	11,000	1,100
XI.	1.490,000	500,000	1.990,000	205,000	7,400	5,000	70,000	2,000	—
XII.	1.255,000	450,000	1.705,000	210,000	4,700	7,000	40,000	1,000	—
1928									
I.	1,750,000	400,000	2.150,000	214,000	2,000	10,000	10,000	2,000	—
II.	2.790,000	200,000	2.990,000	220,000	2,000	10,000	10,000	2,000	2,000
III.	3.670,000	200,000	3.870,000	100,000	2,000	10,000	10,000	2,000	200
IV.	6.460,000	500,000	6.960,000	200,000	1,100	1,000	10,000	11,000	2,000
V.	5.450,000	200,000	5.650,000	300,000	1,100	1,000	10,000	2,000	—
VI.	8.600,000	1.300,000	9.900,000	400,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
VII.	8.770,000	1.800,000	10 570,000	400,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
VIII.	8.000,000	1.800,000	9.800,000	450,000	1,100	1,000	10,000	20,000	—
X.	6.700,000	2.000,000	8.700,000	400,000	1,100	1,000	10,000	10,000	—
X.	3.800,000	1.300,000	5.100,000	100,000	5,000	1,000	100,000	10,000	—
évi átlag Mittel	4.825,000	877,000	5.687,000	261,530	3,061	3,846	30,770	8,690	—

Porozitás }  
Porosität } 49·2

Vízkapacitás }  
Wasserkapazität } 37·2

Tabelle I.

*Fichtenwald an der Hochschule.*

Aerob karbonidbontó Aerob Harnstoffver- gärer	Anaerob vajsavbontó Anaerobe Buttersäure- bazillen	Protozoák Protozoen			Ph.	Humusztartalom Humusgehalt		Erdői levegő $CO_2$ -tar- talma 3 m. magasság- ban $CO_2$ -Gehalt der Wald- luft in 3 m. Höhe	Talajhőmérséklet a fel- színen Bodentemperatur an der Oberfläche	Levegőmérséklet Lufttemperatur
		Összesen Zusammen	Cysták Cysten	Aktív		%	gr	mg pro l	°C	°C
100,000	10,000	—	—	—	5.50	2.15	0.597	0.509	9.53	13.56
70,000	7,000	10,000	7,500	2,500	5.90	2.00	0.518	0.627	6.23	5.87
40,000	4,000	25,000	10,000	15,000	6.10	1.80	0.372	0.518	0.39	-2.24
10,000	1,000	2,500	1,000	1,500	6.08	1.70	0.0669	0.721	-0.05	1.81
10,000	1,000	5,000	2,500	2,500	5.74	1.20	0.229	0.687	1.80	3.85
10,000	1,000	1,000	1,000	—	6.20	0.87	0.472	0.498	2.85	4.96
10,000	1,000	2,500	1,000	1,500	5.94	1.63	0.495	0.637	8.49	12.27
10,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6.31	1.40	0.613	0.663	10.72	14.29
10,000	10,000	7,500	2,500	5,000	6.52	0.96	0.884	0.758	15.95	22.75
10,000	10,000	10,000	7,500	2,500	6.23	0.97	1.256	1.134	21.27	25.16
10,000	10,000	6,300	5,000	1,300	6.74	1.90	0.924	0.935	18.20	23.76
100,000	10,000	2,500	2,500	—	6.90	2.35	0.590	0.738	14.67	18.39
100,000	10,000	10,000	5,000	5,000	7.04	2.83	0.516	0.476	10.00	14.01
37,692	6,538	7,275	4,000	4,183	6.24	1.67	0.580	0.684	9.22	12.18

Levegő kapacitása }  
 Luftkapazität } 12.0

1—12. 1 gramm nedves földben.  
 pro 1 gramm feuchter Erde.





## II. sz. táblázat.

*Ágfalvi lúcos.*

Hónap Monat	Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen	Gomba Pilze	N-kötők (aerob és anaerob) N-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Cellulózebontó (aerob és anaerob) Cellulosezerstörer (aerob und anaerob)
	1	2	3	4	5	6	7	8
1927. X.	—	—	—	—	—	—	—	—
XI.	3.200,000	2.000,000	5.200,000	180,000	200	1,000	100,000	10,000
XII.	2.300,000	540,000	2.840,000	140,000	500	5,000	50,000	5,000
1928. I.	960,000	160,000	1.120,000	—	1,000	10,000	5,000	5,000
II.	3.250,000	600,000	3.850,000	350,000	1,100	10,000	10,000	1,100
III.	1.700,000	250,000	1.950,000	250,000	1,100	1,000	100,000	1,100
IV.	3.500,000	2.600,000	6.100,000	400,000	2,000	1,000	100,000	1,100
V.	7.400,000	2.800,000	10.200,000	360,000	2,000	1,000	10,000	2,000
VI.	8.800,000	1.250,000	10.050,000	400,000	2,000	1,000	10,000	11,000
VII.	9.300,000	1.500,000	10.800,000	200,000	2,000	1,000	10,000	11,000
VIII.	8.150,000	950,000	9.100,000	225,000	2,000	1,000	10,000	7,500
IX.	7.000,000	400,000	7.400,000	250,000	1,100	1,000	100,000	4,000
X.	4.100,000	1.350,000	5.450,000	120,000	400	1,000	100,000	10,000
Évi átlag Mittel	4.971,000	1.208,330	6.171,660	260,000	1,280	2,830	50,420	5,730

Porozitás |  
Porosität | 49·8 %

Vízkapacitás }  
Wasserkapazität } 21

Tabelle II.

*Fichtenwald bei Agfalva.*

Pektinbontó (aerob és anaerob) Pektinvergärer (aerob und anaerob)	Aerob karbamidbontó Aerob Harnstoffver- gärer	Anaerob vajsavbontó Anaerobe Butter- säurebazillen	Protozoák Protozoen			Ph.	Humusztartalom Humuszgehalt	Talajhőmérséklet a fel- színen Bodentemperatur an der Oberfläche	Lég hőmérséklet Lufttemperatur
			Összesen Zusammen	Cysták Cysten	Aktív				
9	10	11	12				%	C°	C°
—	—	—	—	—	—	—	—	9·53	13·56
1,100	10,000	50,000	10,000	7,500	2,500	5·2	4·0	6·23	5·87
—	10,000	20,000	50,000	25,000	25,000	5·5	3·2	0·39	—2·24
—	10,000	8,000	2,500	1,000	1,500	5·8	2·7	—0·05	1·81
200	10,000	1,000	1,000	1,000	—	6·12	2·4	1·80	3·85
200	100	10,000	2,500	1,000	1,500	5·8	1·32	2·85	4·96
—	10,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6·34	2·81	8·49	12·27
—	10,000	1,000	5,000	2,500	2,500	6·23	1·97	10·72	14·29
—	20,000	1,000	10,000	2,500	7,500	6·8	2·13	15·95	22·75
—	20,000	10,000	5,000	2,500	2,500	6·34	4·08	21·27	25·16
—	15,000	55,000	5,000	1,500	3,500	6·32	3·55	18·20	23·76
—	10,000	100,000	5,000	1,000	4,000	6·35	3·04	14·67	18·39
—	10,000	40,000	7,500	2,500	5,000	6·72	2·53	10·01	14·01
—	11,260	25,500	9,042	3,885	5,227	6·12	2·81	9·22	12·18

Levegő kapacitása }  
 Luftkapacität } 28·8

1—12. 1 gramm nedves földben.  
 pro 1 gramm feuchter Erde.

Aljnövényzet a következő: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium silvaticum* (HUDS.) R. et SCH., *Viola silvestris* Lam., *Convallaria majalis* L. és mohok.

Üzemtervi előírás: nemes fajok felszabadítandók; uralkodó fafaj a lucfenyő, részben vörös- és feketefenyő, a hézagokban gyertyán, itt-ott nyár.

A mérési adatokat a 2. számú grafikon és a II. számú táblázat tünteti fel.

### 3. Agfalvi sarjerdő a főiskola tanulmányi erdejében.

VII. sz. kísérleti terület.

H gazdasági osztály, II. tag, 22. erdőrészlet. Területe 90 k. h., amelyből kijelölt terület 1 k. h. Talaja elég mély, üde agyagos homok. Altalaja az északi részen kavics, a déli részen gneisz és pala. Fekvése Ék., lejtőszög 30°. Tengerszintje feletti magassága 360 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány: 0·7 lucfenyő [*Picea excelsa* (LAM et DC.) Lk.], 0·2 jegenyefenyő (*Abies alba* MILL.), 0·1 vörösfenyő (*Larix decidua* MILL.) néhány hagyásfával. Jelenleg a sarjak a fenyőket még túlhaladják, különösen a gyertyán, hárs, nyír, elvértve bükk és tölgy. Berdősítve 1921-ben lett.

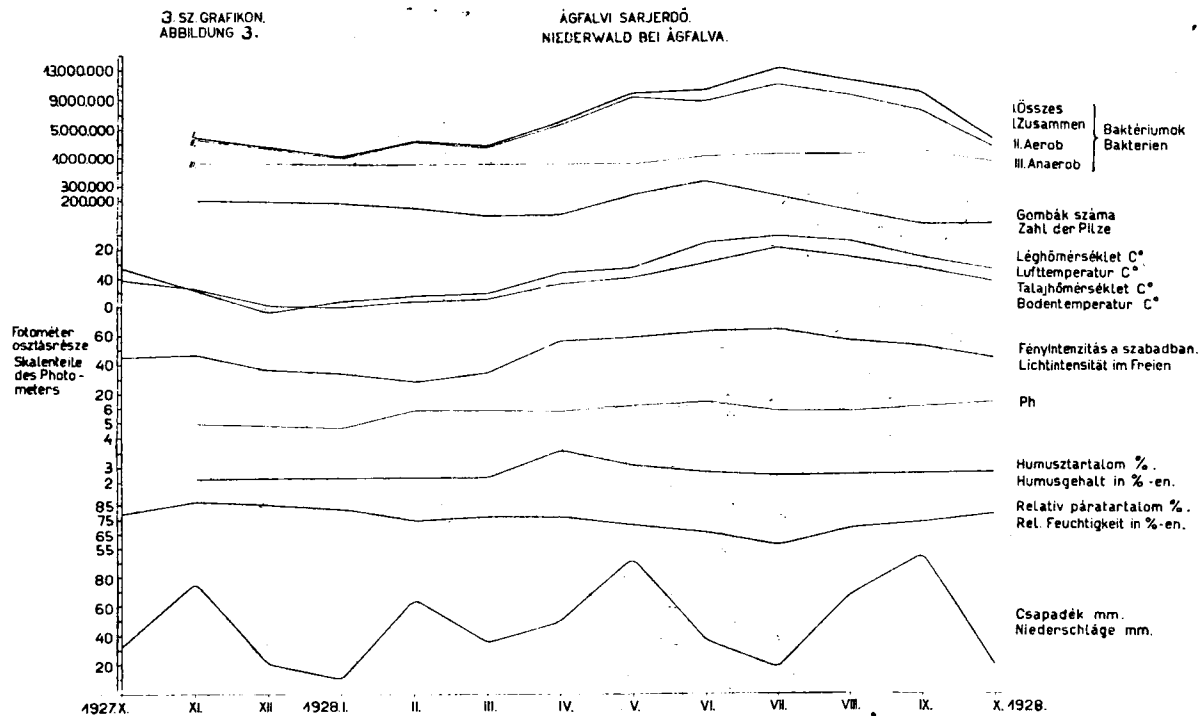
Aljnövényzet: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (POHL) E. MEY., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) ROTH, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Peltigera canina*.

Üzemtervi előírás: az erdősítések felszabadítandók, hagyásfák kiszedendők.

A mérési eredményeket a 3. számú grafikon és a III. számú táblázat mutatja.

A IV. sz. táblázat évi átlagértékekben az eredmények fontosabb adatait tartalmazza kapcsolatban a korábbi vizsgálataim eredményeivel.





3. ábra.\*

\* Lupa használandó.

III. sz. táblázat.  
*Ágfalvi sarjerdő.*

Hónap Monat	Aerob	Anaerob	Összesen Zusammen	Gomba Pilze	N-kötők (aerob és anaerob) N-bindende (aerob und anaerob)	Nitrifikáló Nitrifizierende	Denitrifikáló Denitrifizierende	Cellulózebontó (aerob és anaerob) Cellulosezerstörer (aerob und anaerob)
	1	2	3	4	5	6	7	8
1927.								
X.	—	—	—	—	—	—	—	—
XI.	3.600,000	200,000	3.800,000	200,000	1,100	10,000	50,000	20,000
XII.	2.300,000	170,000	2.470,000	180,000	5,000	5,000	40,000	10,000
1928.								
I.	1.050,000	100,000	1.150,000	160,000	5,000	1,000	20,000	10,000
II.	3.162,500	120,000	3.282,500	150,000	11,000	1,000	10,000	10,100
III.	2.640,000	200,000	2.840,000	100,000	2,000	1,000	10,000	10,100
IV.	5.800,000	350,000	6.150,000	110,000	2,000	1,000	10,000	20,000
V.	9.550,000	400,000	9.950,000	250,000	2,000	10,000	100,000	11,000
VI.	8.930,000	1.500,000	10.430,000	350,000	1,100	1,000	10,000	11,000
VII.	11.300,000	1.900,000	13.200,000	250,000	1,100	1,000	10,000	20,000
VIII.	10.000,000	2.000,000	12.000,000	150,000	1,100	1,000	10,000	16,000
IX.	8.000,000	2.500,000	10.500,000	60,000	1,100	10,000	10,000	14,000
X.	3.100,000	1.000,000	4.100,000	70,000	1,000	10,000	100,000	12,000
Évi átlag Mittel	5.786,710	870,000	6.654,375	169,166	2,790	4,330	31,660	13,666

Porozitás }  
 Porosität } 47.0

Vízkapacitás }  
 Wasserkapazität } 33.3

Tabelle III.

Niederwald bei Agfalva.

Pektinbontó (aerob és anaerob) Pektinvergärer (aerob und anaerob)	Aerob karbonidbontó Aerob Harnstoff- vergärer	Anaerob vajsavbontó Anaerobe Butter- säurebazillen	Protozoák Protozoen			Ph	Humusztartalom Humusgehalt	Talajhőmérséklet a fel- színen Bodentemperatur an der Oberfläche	Lég hőmérséklet Lufttemperatur
			Összesen Zusammen	Cysták Cysten	Aktív				
9	10	11	12				%	C°	C°
—	—	—	—	—	—	—	—	9·53	13·56
—	40,000	10,000	7,500	2,500	5,000	4·90	2·20	6·23	5·87
—	20,000	5,000	5,000	2,500	2,500	4·75	2·20	0·39	—2·24
—	1,000	1,000	7,500	5,000	2,500	4·61	2·25	—0·05	1·81
—	1,000	1,000	2,500	1,000	1,500	5·79	2·80	1·80	3·85
—	10,000	10,000	5,000	5,000	—	5·81	2·03	2·85	4·96
—	10,000	10,000	1,000	1,000	—	5·76	4·17	8·49	12·27
—	10,000	1,000	2,500	2,500	—	6·20	3·16	10·72	14·29
—	40,000	10,000	7,500	1,000	6,500	6·45	2·73	15·95	22·75
—	10,000	10,000	10,000	7,500	2,500	5·90	2·52	21·27	25·16
—	1,000	10,000	6,200	5,000	1,200	5·94	2·61	18·20	23·76
—	1,000	10,000	2,500	2,500	—	6·24	2·70	14·67	18·39
—	40,000	10,000	7,500	1,000	6,500	6·58	2·81	10·00	14·01
—	15,330	7,330	5,375	3,041	3,525	5·73	2·68	9·22	12·18

 Levegő kapacitása }  
 Luftkapazität } 13·7

 1—12. 1 gramm nedves földben  
 pro 1 gramm feuchter Erde.

### A vizsgálatok eredményeinek összehasonlító ismertetése.

A vizsgálatok eredményeit részletesen és tüzetesen tartalmazó grafikonok és összefoglaló táblázatok a talajok biológiai tevékenységének időszaki változásait illetőleg határozott és jól kivethető összefüggéseket mutatnak. Ezek a mostani vizsgálatok megerősítették és véleményem szerint minden kétséget kizáróan beigazolták azt a tényt, hogy az erdőállomány levegőjének  $CO_2$ -tartalmát a talajlélekzés folyamata alatt termelt  $CO_2$ -mennyisége közvetlenül befolyásolja, úgyhogy az állomány asszimilációja által felhasznált  $CO_2$ -mennyiségnek túlnyomó részét kétséggkívül a talajlélekzés szolgáltatja. A talajlélekzés azonban, amint szintén ugyanezen vizsgálatok minden kétséget kizáróan bizonyítják, elsősorban a talajbaktériumok életműködésének eredményei.

A talaj lélekzésének maximuma és minimuma a talaj össz-baktériumszámának a maximumával és minimumával esik össze és a baktériumszám görbéje teljesen párhuzamosan halad a talajlélekzés görbéjével. A talajlélekzés csak a téli hónapokban, nevezetesen december és január hónap folyamán szünetel és amint az V. számú táblázat mutatja, akkor, amikor a talajhőmérséklet érezhetően  $0^\circ$  alá száll, a talajlélekzés úgyszólván teljesen megszűnik. Ez a körülmény összefüggésben van azzal a jelenséggel, hogy a talaj hajszálcsoveiben az ott levő víz megfagy és dacára azon körülménynek, hogy a talaj a legalacsonyabb hőmérséklet mellett is még mindig számbevehető baktériumflórával rendelkezik, ezeknek az életműködése erős korlátozást szenved és másrészt a baktériumok életműködése következtében felszabaduló  $CO_2$ -mennyiség a megfagyott hajszálcsoveken keresztül nem juthat a föld felszínére. Ez az oka annak, hogy, amint már a korábbi vizsgálataim folyamán is rámutattam, még akkor is, ha az alsóbb talajrétegek hőmérséklete  $0^\circ$  felett van és az ottani baktériumflóra bizonyos fokú működést fejtene ki, a felső megfagyott talajrétegek a keletkezett  $CO_2$ -t nem engedik át.

A hőmérséklet befolyása különösen akkor válik erősen érezhetővé, amikor ennek az értékei  $+10^\circ$  C alá süllyednek s  $0^\circ$  felé közelednek. A hőmérséklet befolyása annyira feltűnő a bak-

tériumszám kialakulására, hogy a kettő lefolyását ábrázoló görbék úgyszólván teljesen párhuzamosan haladnak. A léghőmérséklet, a talajhőmérséklet, a talajlélekzés s a baktériumszám görbéjének a minimális értékei teljesen egybeesnek és december és január hónapok folyamán lesz ez a legkifejezettebb.

Rendkívül érdekes most már a levegő  $CO_2$ -tartalmának a kialakulása. A levegő  $CO_2$ -tartalma egészen november hó végéig, illetőleg december hó elejéig párhuzamosan halad a talajlélekzés görbéjével. Amikor azonban a talajlélekzés a minimális értékeit éri el, tehát december, január, sőt még február hónapok folyamán is, a levegő  $CO_2$ -tartalma eléri a környező légrétegek  $CO_2$ -tartalmát, sőt ez érték fölé is emelkedik. Az emelkedésnek oka a következő:

A talajlélekzés, eltekintve a decemberi és januári hideg napoktól, sohasem szünetel teljesen. Ennélfogva tehát a talajnak mindig van  $CO_2$ -termelése, amit a készülékeink 3 m szintmagasságban a talaj felett regisztrálnak. Azonban november, december, január és február hónapokban, az akkor fellépő alacsony léghőmérséklet következtében, amelynek értékei általában túlnyomó részben  $0^\circ$  és  $+10^\circ$  C között, de leggyakrabban  $+5^\circ$  és  $+6^\circ$  C között mozognak, sőt sokszor  $0^\circ$  alá is süllyednek, az asszimiláció teljesen megszűnik. Az asszimiláció teljes szünetelése következtében most már természetesen, ha még olyan csekély is a talaj  $CO_2$ -produkciója, a termelt  $CO_2$ -nek a felső rétegekbe való áramlása, minthogy az asszimiláció szünetelése következtében a diffúziós esés nagyon kicsinnyé válik, rendkívül lassú lesz, úgyhogy az erdei levegő erősen telítődik  $CO_2$ -vel. A 4. számú grafikon ezt a jelenséget világosan mutatja.

Rendkívül érdekes, hogy március hónapban, amikor a léghőmérséklet fokozatos emelkedésével az asszimiláció is megindul, a levegő  $CO_2$ -görbéje süllyed, dacára annak, hogy a talajlélekzés értékei erősen emelkednek. Csak a tavasz és a nyár folyamán fellépő nagyobb mérvű talajlélekzés képes azután, dacára a fokozottabb asszimilációs elhasználásnak, az erdei levegő  $CO_2$ -tartalmát is erősen megnövelni. Egyébként az erdei levegő  $CO_2$ -tartalma, a talajlélekzés, a baktériumszám, azután a léghőmérséklet, talajhőmérséklet és a fényintenzitás értékei egyaránt

július hó folyamán érik el legnagyobb értéküket. Ezenkívül az összbaktériumszám görbéje még a tavasz folyamán (február, március, április) is mutat egy második, az elsőnél jóval alacsonyabb maximumot.

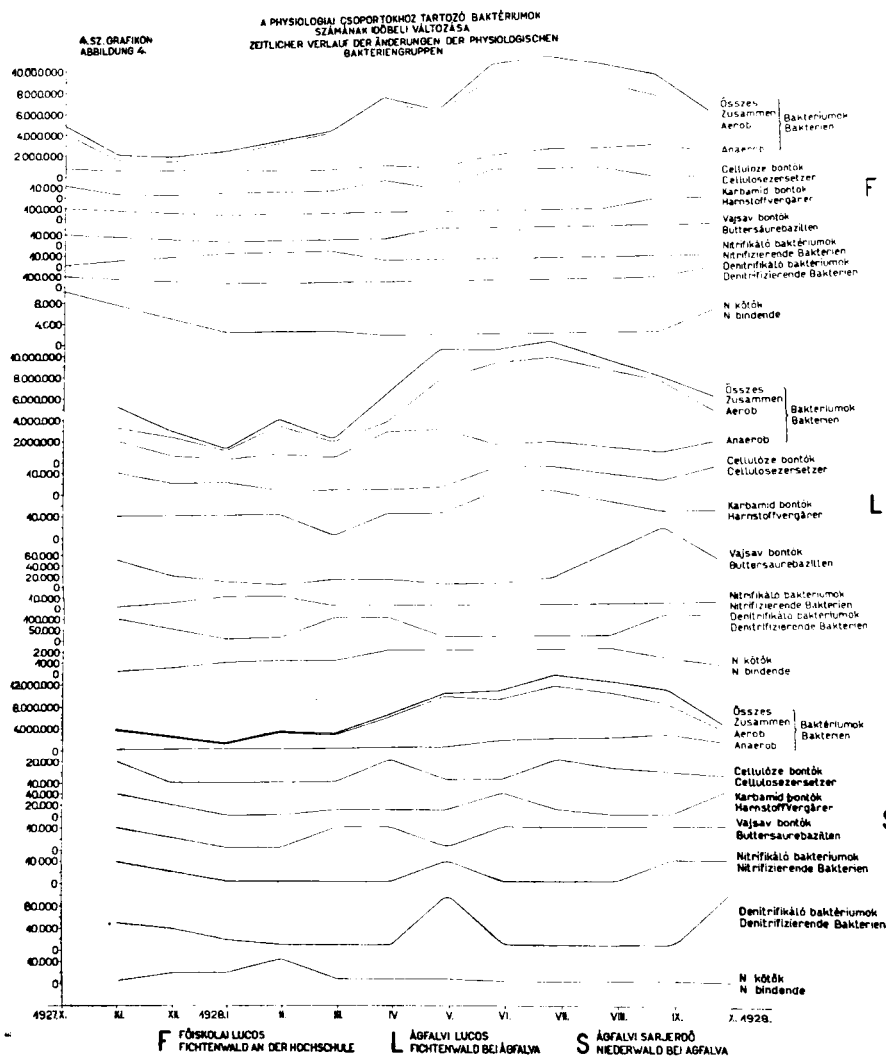
Amint a IV. számú összesítő táblázat adatai mutatják, a talajlélekzés értékeivel nem minden esetben arányos a levegő  $CO_2$ -tartalma. Sokszor magasabb talajlélekzés mellett alacsonyabb lesz a levegő  $CO_2$ -tartalma, amely jelenség nagyon egyszerűen a különböző erdőtípusok különböző intenzitású asszimilációs működésével magyarázható meg. Így például a kiskomáromi tölgyes, dacára annak, hogy jelentékeny  $CO_2$ -t termel talajának lélekzése révén és egyúttal a legmagasabb baktériumszámot is mutatja, mégis levegőjének aránylag alacsonyabb  $CO_2$ -tartalma van, mint a közvetlen szomszédságában levő erdei fenyvesnek. Ennek oka az, hogy ez a középkorú tölgyerdő dús lombzatával sokkal több  $CO_2$ -t használ el, mint a nálánál fiatalabb és kétségkívül kisebb asszimiláló felülettel rendelkező erdei fenyves. A levegő  $CO_2$ -tartalmának a talaj lélekzésével való összefüggésénél tehát minden esetben a faállomány korát, az évszakot és ezekkel együtt az asszimiláció intenzitását is tekintetbe kell venni.

Amint a mellékelt 1—3. számú grafikonok is mutatják, a gombák száma általában a baktériumszámmal együtt emelkedik és csökken és kétségkívül  $CO_2$ -termelésük által ezek is hozzájárulnak a talajlélekzés intenzitásának fokozásához.

Amint a csatolt grafikonok mutatják, a talajprotozoák a talaj lélekzésére úgyszólván semmi befolyással nem bírnak.

A *ph*-értékek minimumukat november hó folyamán érik el s azután értékük a tavasz és nyár folyamán fokozatosan emelkedik, a nélkül azonban, hogy a *ph*-értékeknek bármilyen változása érezhető befolyást gyakorolna a baktériumszámnak a kialakulására.

A húmusztartalom legmagasabb értékeit az őszi hónapokban éri el, ami kétségkívül a tű- és lombhullás tűneményével van összefüggésben. Rendkívül érdekes, hogy április folyamán a húmusztartalom a tavaszhoz viszonyítva emelkedést mutat, hogy azután a nyár folyamán megint csökkenő értékeket vegyen fel. Ennek a jelenségnek kielégítő magyarázatát adni egyenlőre nem



4 ábra.\*

\* Lupa használandó.

## IV. sz. táblázat.

Összehasonlító táblázat évi átlagok alapján.

Kísérleti terület Versuchfläche	Baktériumok pro gr nedves föld Bakterien pro gr feuchter Erde			CO <sub>2</sub> -termelés gr pro h és m <sup>2</sup> CO <sub>2</sub> -Produktion pro Stunde u. Quadrat- meter in Grammen
	Aerob	Anaerob	Összesen Zu- sammen	
Kiskomárom { tölgyerdő Eichenwald	36.000,000	8.800,000	44.800,000	1·057
Kiskomárom { erdei fenyves Kiefernwald	9.000,000	2.000,000	11.000,000	0·878
Ágfalva { lúcos Fichtenwald	4.971,000	1.208,330	6.171,660	0·562
Ágfalva { sarjerdő Niederwald	5.786,710	870,000	6.654,375	0·555
Váris { lúcos Fichtenwald	4.500,000	900,000	5.400,000	0·583
Főiskolai lúcos Fichtenwald an der Hochschule	4.825,000	877,000	5.687,000	0·597
Hollands Väderö { bükkös Buchenwald	11.500,000	3.000,000	14.500,000	0·87
Hollands Väderö { erdei fenyves Kiefernwald	2.950,000	500,000	3.450,000	0·298
Hollands Väderö { égererdő Erlenwald	5.700,000	5.000,000	10.700,000	0·237

\* A [CO<sub>2</sub>] mérésekre vonatkozólag.



Tabelle IV.

Vergleichstabelle nach Jahresdurchschnittswerten.

Levegő CO <sub>2</sub> -tartalma mg pro liter CO <sub>2</sub> -Gehalt der Wald- luft			Humusz- tartalom Humus- gehalt %	Ph.	Megfigyelési idő Beobachtungzeit *
0·3 m	3 m	9 m			
0·843	0·732	0·478	0·73	5·2	1927. VII. 15—VII. 25. 15. VII. 1927—25. VII.
0·901	0·717	0·628	0·81	5·4	1926. VII. 26—VII. 8. 26. VII. 1926—8. VII.
0·876	0·788	0·646	2·81	6·12	1926. IX. 1—IX. 10. 1. IX. 1926—10. IX.
—	2 m 0·940	—	2·68	5·73	1927. IX. 11—1927. IX. 13. 11. IX. 1927—13. IX. 1927.
0·775	0·762	0·700	11·3	6·8	1927. XI. 13—XI. 16. 13. XI. 1927—16. XI.
—	0·509	—	1·67	6·24	1927. X. 24—1927. XI. 2. 24. X. 1927—2. XI. 1927.
0·779	0·748	0·669	4·2	5·2	1926. VII. 14—VIII. 3. 14. VII. 1926—3. VIII.
0·707	0·677	0·627	0·5	4·2	1926. VIII. 28—IX. 11. 28. VIII. 1926—11. IX.
0·641	0·578	0·537	8·6	4·1	1926. VI. 9—VII. 7. 9. VI. 1926—7. VII.

 Bezüglich der [CO<sub>2</sub>] Messungen.

tudom és így csak annak az egyszerű regisztrálására szorítkozom. A húmusrész tartalom értékeinek a nyári süllyedése kétségkívül a baktériumok működésével van összefüggésben.

Amíg az eddigi vizsgálatok folyamán a talajlélekzés napi ingadozásainak változásainál a csapadék kedvező hatását is sikerült kimutatnom, addig, amint a mellékelt rajzok mutatják, a talajlélekzés időszaki változásai és a baktériumszám kialakulása úgyszólván kizárólag és egyedül a lég- és talajhőmérséklettel, továbbá a fényintenzitással vannak összefüggésben, míg sem a viszonylagos páratartalomnak, sem pedig a csapadéknak közvetlen hatását az évi görbe változásaiban kimutatni nem lehet. Tehát kétségtelen, hogy a baktériumélet a maga egyetemleges változásaiban teljesen alkalmazkodott a mi égővünk alatt szokásos évi csapadékmennyiséghez s ettől a lefolyását is függetlenítette.

Nagyon érdekes képet kapunk még, ha a fényintenzitás adatait a talajlélekzést befolyásoló tényezők változásaival összehasonlítjuk. Ha a fényintenzitás értékeit egyszerűség kedvéért az EDER—HECHT-féle photometer osztásrészeinek számával fejezzük ki 1 perc megfigyelési időre vonatkoztatva, akkor a relatív változás megfigyelése szempontjából felesleges a BUNSEN—ROSCOE-egységek számítása, amelyeket ennek megfelelően én csak akkor vettem figyelembe, amikor az erdőben levő fényintenzitás adatait a szabadban mért fényintenzitással akartam kifejezni. A fényintenzitásnak az abszolút értékei a hőmérsékleti görbével együtt, a talajlélekzés görbéjével és a baktériumszámot kifejező görbével párhuzamos lefolyást mutatnak, míg ez erdőben uralkodó és a szabad fény %-ában kifejezett fényintenzitási adatok minimális értékeiket a nyár folyamán és maximális értékeiket a tél folyamán érik el. Ez a körülmény a téli nagyszámú borult napokkal és a nyári nagyszámú derült napokkal van összefüggésben s oka abban keresendő, hogy a felhők visszatartják a napsugaraknak a fényérzékeny papírra ható erősebb kémiai sugaraknak egy részét, ami természetesen e görbe süllyedésében nyilvánul azután meg. A fényintenzitásnak a photometer-skála osztásrészeivel kifejezett abszolút értékei ellenben világosan mutatják, hogy a fényintenzitás a nyári hónapokban mennyivel

## V. sz. táblázat.

Főiskolai lúcos januári talajlélekzési adatai egyes kritikus napokon.

Tabelle V.

Bodenatmungswerte im Fichtenwald an der Hochschule an einigen kritischen Tagen, in Januar.

Datum	Talajhőmérséklet Bodentemperatur	Léghőmérséklet Lufttemperatur		Talajlélekzés gr pro óra és m <sup>2</sup>  Bodenatmung gr pro St. und m <sup>2</sup>
		Max.	Min.	
2.	—1·8	—3·0	—10·8	—
3.	—2·6	—3·0	—13·5	—
10.	1·9	9·6	— 3·5	0·0779
11.	—	7·8	— 3·5	0·0588
13.	0·8	7·8	— 3·5	0·1783
16.	0·2	2·2	— 1·0	0·0622
17.	0·1	5·0	— 0·5	—
18.	0·8	5·5	— 1·0	—
19.	0·2	6·0	— 0·6	0·1046
20.	0·9	7·0	— 1·0	0·1769
21.	—	5·0	— 1·5	—
23.	—	7·5	—	—
24.	0·3	4·0	— 0·5	—
27.	0·2	—	— 2·3	—

nagyobb, mint az őszi, téli és koratavaszi hónapokban. Mint-hogy pedig a hőmérsékleti és fényintenzitási adatok együttléve a nap fényenergiájának a megnyilvánulásait reprezentálják, azért annak a véleménynek szeretnék kifejezést adni, hogy a talajélet lefolyásában közvetlenül a legnagyobb hatást a nap fényenergiája gyakorolja.

Ez a jelenség, az átlagértékeket véve alapul, még a napnak a mikroflórára károsan ható kémiai sugarainak közvetlenül kített ágfalvi sarjerdő talajéletében is kifejezésre jut, miután kétségkívül a hőmérséklet emelkedésében kifejezésre jutó nagyobb hőenergia által okozott kedvező hatást kiegyenlíti és felülmúlja

a nap közvetlen besugárzásával érvényre jutó káros kémiai sugarak hatása.

Ami most már a talaj baktériumtartalmának a közvetlen hatását illeti, úgy kétségkívül ezek a vizsgálatok is beigazolták, különösen, ha a főiskolai lúcos adatait tüzetesebben szemügyre vesszük, azt a jelenséget, hogy a baktériumszám emelkedése akkor, ha abban az aerob baktériumok az uralkodók, a talaj  $CO_2$ -termelésének az értékeit emelni fogja. Rendkívül érdekes, hogy az anaerob baktériumok száma a talajban nagyon szűk határok között mozog és viszonyítva az aerob baktériumok számához, bár szintén mutatnak süllyedést és nyári emelkedést, mégis nagy vonásokban számuk relative állandóbb marad, úgyhogy az aerob- és anaerob baktériumok viszonya legkedvezőtlenebbé válik akkor, amikor az előbbieket minimális értékeiket; és legkedvezőbbé válik akkor, amikor az aerob baktériumok maximális értékhatárukat érik el.

A talajlélekzés mérve függ most már elsősorban az összbaktériumszámtól és másodsorban, amint ezt már az előző vizsgálataim folyamán is ismételten hangsúlyoztam, függ még az aerob- és anacrobaktériumok kölcsönös viszonyától, mégpedig olyan módon, hogy minél nagyobb az aerob baktériumok viszonylagos mennyisége, annál nagyobb értékeit éri el a talajlélekzés.

A 4. számú grafikon és az I—III. számú táblázatok mutatják a talajbaktériumoknak fiziológiai csoportok szerint való havonkénti eloszlását az év minden hónapjában 3 erdőrészleten. Ha az itt megnyilvánuló szabályszerűséget tüzetesebben szemügyre vesszük, akkor általában a következő fontosabb jelenségek válnak szembeötlőkké:

A cellulosebontó baktériumok száma általában az összbaktériumszám változását kifejező görbe menetét követi, mégpedig kisebb-nagyobb eltérésektől eltekintve úgyyszólván mindegyik erdőrészletben. Igen érdekes, hogy áprilisban a főiskolai lúcosban és az ágfalvi sarjerdőben egy-egy maximumot mutatnak a cellulosebontó baktériumok, míg azután második és teljes maximumukat az ágfalvi lúcosban egyetemben az összbaktériumszámmal együtt június és július hónapok folyamán érik el.

Hasonlóképpen nagy vonásokban az összbaktériumszám ki-

fejlődésének a menetét követik a carbamidbontó baktériumok is; sőt a vajsavas baktériumok is közel hasonló kifejlődést mutatnak az összbaktériumszám változásainak a görbéjével.

A legerdekeseob azonban a nitrifikáló baktériumoknak a kifejlődése, melyek mind a három erdőrészben közel hasonló képet adnak. Nevezetesen maximumukat a téli hónapok alatt érik el és csak az ágfalvi sarjerdő, melynek a talajában a biológiai viszonyok kedvezőtlenebbek, minthogy ezt a területet zárt állomány nem borítja, mutat némileg eltérő kifejlődést. A nitrifikáló baktériumok két maximumot érnek el, nevezetesen egyet május hó, egyet pedig az őszi hónapok folyamán.

A denitrifikáló baktériumok maximumukat az őszi folyamán érik el, azonban úgy az ágfalvi zárt lúccállományban, mint pedig a sarjerdőben egy-egy tavaszi maximumot is mutatnak, amely ismeretlen okok következtében a főiskolai lúcosban nem jutott kifejezésre. Ez utóbbiban csak az őszi maximum jelentkezik, azonban mind a három erdőrészben egyaránt megnyilvánult ennek az őszi maximumnak a kifejlődése, amely kétségkívül a jobb és bővebb csapadékviszonyokkal van összefüggésben. Valószínűleg ez a körülmény okozza a két ágfalvi kísérleti területnél a denitrifikáló baktériumoknak a második tavaszi maximumát is, amely a tavaszi nedvesebb hónapokkal függ össze.

A N-kötő baktériumoknak a viselkedése szintén nem egyöntetű, csak az egyik kísérleti területen, az ágfalvi lúcosban mutatnak az összbaktériumszámmal bizonyos mértékben hasonló lefolyást, azonban a másik két kísérleti területen viselkedésük ettől eltérő, nevezetesen: a sarjerdőben maximumukat február hónap folyamán érik el, míg a főiskolai lúcos zárt állományában maximális kifejlődésük az őszi hónapokra esik.

A fiziológiai csoportokhoz tartozó baktériumok növekedési viszonyaiban tehát szintén határozott szabályszerű jelenségek mutatkoznak. Hogy mi okozza a többi csoportoknak ezt az eltérő viselkedését, arra vonatkozólag újabb vizsgálatokat tettünk folyamatba, amelyeknek az eredménye ezt a kérdést valószínűleg véglegesen el fogja dönteni.

### Az eredmények összefoglalása.

1. Amint már a korábbi vizsgálataim folyamán is kimutattam, úgy ezek a vizsgálatok is megerősítik azon törvényszerűséget, hogy az erdő talajában élő baktériumok száma és tevékenysége, továbbá az ezen baktériumok életműködése folytán képződő  $CO_2$  mennyisége között okozati összefüggés van, amelynek közelebbi kritériumai a következők:

a) A talajbaktériumok biológiai tevékenysége szoros összefüggésben van a nap hőenergiájával, amely a talaj- és levegő-hőmérséklet és a fényintenzitás adataiban jut kifejezésre.

b) A talaj összbaktériumszáma a megvizsgált kísérleti erdőterületeken a hőmérséklet és a fényintenzitás értékeivel együtt a téli hónapokban éri el a minimumát, ezután fokozatosan emelkedik és fejlődésének teljes maximumát június és július hó folyamán éri el. Ezen fejlődési fokozat alatt azonban tavasszal egy, a nyári maximumnál kisebb másodlagos maximumot is képez.

c) Ha a levegő hőmérséklete  $0^\circ C$  alá süllyed, a talajlélekzés úgyszólván teljesen megszűnik, dacára annak, hogy a talaj ennél az alacsony hőmérsékletnél is számbavehető baktériumflórával rendelkezik. A talajlélekzésnek ez a megszűnése akkor is bekövetkezik, ha az alsóbb talajrétegek hőmérséklete magasabb. Ennek oka abban keresendő, hogy az alacsony hőmérséklet következtében a talaj hajszálcsoveiben az ott levő víz megfagy és ezáltal a képződött  $CO_2$ -mennyiség diffúziója lehetlenné válik.

d) A talaj által termelt  $CO_2$ -mennyiséget, tehát a talajlélekzés mérvét elsősorban az összbaktériumszám és az aerob-baktériumok számának a kifejlődése befolyásolja; míg az anaerob-baktériumok, habár szintén mutatnak egy téli minimumot és egy nyári, illetőleg tavaszi maximumot, mégis szűk határok között mozognak és mennyiségük viszonylagos minimuma a nyári baktériumszám maximumával és viszonylagos minimumuk a téli baktériumszám minimumával esik egybe.

e) A talajprotozoák száma és kifejlődésének mérve a talajlélekzés menetére befolyást nem gyakorol.

f) Az erdei levegő  $CO_2$ -tartalmát a talajlélekzésen kívül az asszimiláció mérve is befolyásolja, nevezetesen: ősszel, a talajlélekzés csökkenésével egy bizonyos fokig, amíg a koronák asszimilációja a talajlélekzés által termelt  $CO_2$ -mennyiség egy jelentékeny részét elhasználja, a levegő  $CO_2$ -tartalma is csökken. Mihelyt azonban a téli hónapokban ez az asszimiláció az alacsony hőmérséklet következtében megszűnik, a levegő  $CO_2$ -tartalma nem süllyed tovább, hanem bizonyos fokig emelkedő értéket mutat egészen a tavaszi hónapokig, amikor a beállott asszimiláció következtében átmenetileg csökken ugyan, azonban később a talajlélekzés görbéjének a menetével teljesen egyöntetű lefolyást mutat.

g) A gombák száma általában az összbaktériumszám kifejlődésével egyezik azzal az eltéréssel, hogy maximumukat bizonyos mértékben a július és augusztus hó folyamán beálló szárazság kedvezőtlenül befolyásolja.

2. A fiziológiai csoportokhoz tartozó baktériumok közül egyöntetű viselkedést a következők mutattak:

a) A cellulozebontó baktériumok (aerob és anaerob) összsámát kifejező görbe általában az összbaktériumszám fejlődésével párhuzamosan megyen végbe.

b) Ugyanez a szabályszerűség áll nagy vonásokban a vaj-savas és carbamidbontó baktériumok kifejlődésére.

c) A nitrifikáló baktériumok a zárt állománnyal bíró erdőkben maximumukat a tél és a tavasz folyamán érik el, míg a tarvágásos kísérleti területen egy késő tavaszi és őszi maximumot mutatnak.

d) A denitrifikáló baktériumok általában a csapadékviszonyoknak megfelelően ősszel érik el maximumukat, azonban két kísérleti területen egy-egy tavaszi maximumot is mutatnak.

3. Az  $N$ -kötő baktériumok viszont nem mutatnak egyöntetű viselkedést. Az egyik kísérleti területen maximumuk a tél utólján fejlődött ki, a másikon a nyári és tavaszi hónapokban, a harmadikban pedig az őszi hónapokban mutatnak maximumot.

4. Hasonlóképpen nem sikerült határozott összefüggést kimutatni e vizsgálatok során a  $ph$ -értékek és a humusztartalom változásai és a baktériumszám görbéje között.

## Irodalom. — Literatur.

I. Dr. FEHÉR—VÁGI: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. füzet.)

Dr. FEHÉR—VÁGI: Biochemische und biophysikalische Untersuchungen über die Einwirkung der wichtigsten biologischen Faktoren auf das Leben und Wachstum der Waldbestände. (Forstliche Versuche, 1926. H. 1—2. Sopron.)

Dr. FEHÉR—SOMMER: Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biokémiai, biofizikai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. II. közlemény. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 1—2. füzet.)

Dr. FEHÉR—SOMMER: Researches about the carbonic-acid nourishment of the forest. (Forest Researches, 1927. 1—2. Sopron.)

Dr. FEHÉR: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. [Flora (Allg. Bot. Zeitung), Bd. 121, Seite 316—333. 1927.]

Dr. FEHÉR: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. Vorläufige Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift, 1927. Bd. 180, Heft 1—2.)

Dr. FEHÉR: Vizsgálatok az erdő  $CO_2$  táplálkozásáról. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője, XLIV. kötet, 321—329. oldal, Budapest, 1927.)

Dr. FEHÉR: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (M. Tud. Akadémia Mat. és Természettud. Értesítője. XLIV. köt., Budapest, 1927.)

BOKOR: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. f.)

BOKOR: Untersuchungen über die Mikroflora der Waldböden. (Forstliche Versuche, 1926. H. 1—2. Sopron.)

BOKOR: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, 1927. Bd. 181, Heft 4—6.)

Dr. FEHÉR: Néhány megjegyzés a vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biofizikai, biokémiai és bakteriológiai kölcsönhatásáról. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 3—4. füzet.)

D. FEHÉR: Some remarks to my publications about the  $CO_2$  nourishment of the forests. (Forest Researches, 1927. 3—4. Sopron.)

Dr. FEHÉR—SOMMER: Vizsgálatok az erdőtalaj lélegzéséről különös tekintettel annak az erdő életében elfoglalt biológiai szerepére és gazdasági jelentőségére. (Erdészeti Kísérletek, 1928. 3. f.)

Dr. FEHÉR—G. SOMMER: Researches about the carbon-nourishment of the forest. (Forest Researches, 1928. 3. Sopron.)

Dr. FEHÉR—Dr. VARGA: Vizsgálatok az erdőtalaj Protozoa-faunájáról. (Bemutattva a M. Tud. Akadémia III. osztályának 1928 november 12-i ülésén.)



Dr. FEHÉR—Dr. VARGA: Untersuchungen über die Protozoen-Fauna des Waldbodens. (Vorgelegt der Ung. Akademie der Wissenschaften i. d. Sitzung der III. Klasse am 12. November 1928.)

II. Dr. FEHÉR: Egy új eljárás az erdei talaj  $CO_2$  lélekzésének mérésére. (Erdészeti Kísérletek, 1927. 3—4. f.)

Dr. FEHÉR: A new method for the measurement of the soil respiration of  $CO_2$ . (Forest Researches, 1927. 3—4. Sopron.)

Dr. FEHÉR: Über die Verwendung des Glockenapparates von LUNDEGARDH für die Messung der  $CO_2$ -Produktion des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift, 1928. Bd. 193, Heft 4—6.)

III. LUNDEGARDH: Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur. 1924.

IV. CUTLER: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agr. Science, 10, p. 135—143. 1927.)

V. VÁGI: A talajtan elemei. (Die Elemente der Bodenkunde.) 177. old. Sopron, 1928.)

VI. A. WAKSMAN: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. 1927.

A. WAKSMAN: Principles of Soil Microbiology. (Page 46.)

VII. WIESMANN: Agrikulturchemisches Praktikum. (Seite 227—233.)

VIII. EDER: Das Graukeilphotometer im Dienste der Pflanzenkultur. (Sitzungsberichte der Akademie zu Wien. II. Abt. 127. 1918.)

ABDERHALDEN: Handbuch der biolog. Arbeitsmethoden. II. Abt. I. Teil.

IX. MISLOWITZER: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. 1928. Seite 245.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 december 10.-én tartott üléséből.)

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZEITLICHEN VERLAUF DES MIKROBENLEBENS DES WALD- BODENS.

(Aus dem Bot. Institut der königl. ung. Hochschule für Berg- und Forst-  
ingenieure.)

Von D. FEHÉR.

## Einleitung.

Im Laufe unserer bisherigen Untersuchungen ist es uns grösstenteils gelungen, einige wichtige biologische Zusammenhänge zwischen der Bodenatmung, dem Kohlensäuregehalt der Waldluft, der Mikroflora und Mikrofauna des Waldbodens einerseits und jenen organischen und anorganischen Faktoren andererseits, welche diesen beeinflussen, aufzuklären.

Meine bisherigen Untersuchungen erstrecken sich aber nur auf eine kurze Beobachtungsperiode, weshalb die Resultate nicht in jeder Hinsicht befriedigend sind.

Um einen sicheren Einblick zu bekommen, habe ich die Untersuchungen auf drei Versuchsfächen, und zwar: Versuchsfäche Nr. I Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule, Versuchsfäche Nr. V Fichtenwald in Ágfalva, Lehrrevier der Hochschule, Versuchsfäche Nr. VII Niederwald ebendort, auf ein ganzes Jahr ausgedehnt.

Mit Rücksicht auf das recht umständliche Verfahren der quantitativen Untersuchungen der Bodenatmung und des  $CO_2$ -Gehaltes der Waldluft, konnte ich diese beiden Faktoren nur auf Versuchsfäche Nr. I ununterbrochen durch das ganze Jahr messen, während auf den anderen zwei Versuchsfächen nur die übrigen biologischen Faktoren untersucht wurden.

## Untersuchungsmethodik.

Es wurden gemessen:

1. Die Bodenatmung,
2. der Kohlensäuregehalt der Waldluft,

3. die Anzahl der Bodenbakterien,
4. die Anzahl der Bodenprotozoen,
5. die Bodenpilze,
6. der Humusgehalt,
7. der Wassergehalt,
8. die Wasserkapazität,
9. die Porosität,
10. die Luftkapazität,
11. die Lichtintensität und
12. die *ph*-Werte.

Die *ph*-Werte wurden elektrometrisch ermittelt.

Was nun die Details der Untersuchungen anbelangt, möchte ich noch kurz bemerken:

Es wurden täglich gemessen: die Bodenatmung, die Bodentemperatur in drei verschiedenen Tiefen: an der Oberfläche, in 0·5 und in 1·0 m Tiefe, die Lufttemperatur, die Windstärke und die Lichtintensität, beziehungsweise die Lufttemperatur und die Feuchtigkeit wurden mit Registrierapparaten fortlaufend gemessen.

Die Anzahl der Bakterien, Pilze und Protozoen konnte ich mit Rücksicht auf die mit der Untersuchung derselben verbundenen Massenuntersuchungen nur monatlich einmal bestimmen. In den kritischen Monaten aber, im Dezember, Jänner und Feber, haben wir jedoch die Gesamtzahl der Bakterien in jeder zweiten Woche bestimmt.

### Kurze Beschreibung der Versuchswälder.

#### 1. Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.

Versuchsfläche Nr. I.

Alter 50 Jahre, auf Lehm Boden mit reichlichen Bodenpflanzen.

Bodenpflanzen sind: zerstreut *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L., dann *Hedera helix* L., *Rubus idæus* L., *Galeopsis pubescens* Bess., *Viola silvestris* LAM., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium silvaticum* (Huds) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Grafikon Nr. 1 und Tabelle Nr. I.

#### 2. Fichtenwald im Lehrrevier.

Versuchsfläche Nr. V.

Betriebsklasse: J, Abt.: I., Jagen: 12, Bonität: II., Höhe 360 - 400 m ü. d. M., frischer, sandiger Lehm Boden auf Schotter. Exposition: SW.

Alter: 24 Jahre, Schluss: 10. Fichte 0·5, Schwarzkiefer 0·1, Weissbuche und Pappel 0·3.

Bodenpflanzen sind: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europæum* L., *Brachypodium silvaticum* (Huds) R. et Sch., *Viola silvestris*, *Convallaria majalis* L. und Moose.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Grafikon Nr. 2 und Tabelle Nr. II.

### 3. Niederwald im Lehrrevier.

#### Versuchsfläche Nr. VII.

Betriebsklasse H, Abt.: II., Jegen: 22, Bonität: II., Alter: 7 Jahre, Höhe: 360 m ü. d. M., frischer, sandiger Lehm Boden, Untergrund an dem nördlichen Teil Schotter und am südlichen Schiefer und Gneis. Weissbuche, bepflanzt mit Fichte 0·7, Tanne und Lärche 0·3. Einige *Castanea sativa* MILL. und *Fagus silvatica* L.

Bodenpflanzen sind: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (POHL) E. Mey., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) ROTH, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europæum* L., *Campanula persicifolia* L., *Melampyrum pratense* L., *Peltigera canina*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigt Grafikon Nr. 3 und Tabelle Nr. III.

Tabelle Nr. IV zeigt die wichtigsten Daten der Ergebnisse nach Jahresmittelwerten zusammengestellt, in Verbindung mit den wichtigsten Resultaten meiner früheren Untersuchungen.

### Zusammenfassung der Resultate.

1. Diese Untersuchungen haben in Übereinstimmung mit den Ergebnissen meiner früheren Resultate ganz klar bewiesen, dass zwischen dem Bakteriengehalt des Bodens und zwischen den durch ihre Tätigkeit produzierten Kohlensäuremengen ein unmittelbarer und kausaler Zusammenhang besteht, dessen Kriterien die folgenden sind:

a) Die biologische Tätigkeit der Bakterien steht in engem Zusammenhange mit der Sonnenenergie; die in der Boden- und Lufttemperatur, sowie in der Lichtintensität ihren messbaren Ausdruck findet.

b) Die Änderungen des Bakteriengehaltes des Bodens vollziehen sich nach klar erkennbaren Gesetzmässigkeiten, welche im kurvenmässigen Verlauf der Änderungen der Gesamtbakterienzahl deutlich ihren Ausdruck findet. Die Werte der Boden- und Lufttemperatur und der Lichtintensität erreichen zusammen mit dem Bakteriengehalt ihr Minimum in den Wintermonaten. Nach Ablauf des Winters steigen sie allmählich an und erreichen ihr

vollständiges Maximum in den Monaten Juni und Juli. Im Frühling ist ein zweites Maximum zu beobachten, welcher aber gewöhnlich viel geringer ist, wie das Sommermaximum.

c) Die Bodenatmung wird durch die Temperaturen unter  $0^{\circ}$  gewöhnlich fast vollkommen stillgelegt, trotzdem der Waldboden auch bei den niedrigen Wintertemperaturen einen ziemlich beträchtlichen Bakteriengehalt aufweist. Dieser Stillstand entsteht auch dann, wenn die unteren Bodenschichten höhere Temperaturgrade aufweisen. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass durch das Gefrieren der Bodenkapillaren die Diffusion der gebildeten  $CO_2$  verhindert wird.

d) Die durch die Bodenatmung erzeugten  $CO_2$ -Mengen werden hauptsächlich durch die Tätigkeit des Gesamtbakteriengehaltes des Bodens beeinflusst, und zwar derart, dass die Intensität der Bodenatmung parallel mit der Zunahme der Anzahl der aeroben Bakterien erhöht. Die Anzahl der anaeroben Bakterien beeinflusst die Bodenatmung negativ. Die höchsten Werte erreicht die Bodenatmung erst dann, wenn in dem Gesamtbakteriengehalt des Bodens die aeroben Bakterien überwiegen. Die anaeroben Bakterien zeigen zwar ebenfalls ein Winterminimum und ein Sommer-, beziehungsweise Frühlingsmaximum, aber die Änderungen ihrer Anzahl bewegen sich zwischen verhältnismässig engen Grenzen. Ihr relatives Minimum fällt mit dem Sommermaximum des Bakteriengehaltes zusammen und ihr relatives Maximum kommt gleichzeitig mit dem Minimum des Gesamtbakteriengehaltes vor.

e) Die Anzahl und Tätigkeit der Bodenprotozoen übt keinen namhaften Einfluss auf den Gang der Bodenatmung aus.

f) Der  $CO_2$ -Gehalt der Waldluft wird nicht nur von der Bodenatmung, sondern auch von der Intensität der Assimilation unmittelbar beeinflusst. Namentlich im Herbst, so lange bei sinkender Bodenatmung die Baumkronen noch  $CO_2$  verbrauchen, nimmt auch der  $CO_2$ -Gehalt der Luft ab. Später aber, wenn im Laufe des Winters die Assimilation infolge der niedrigen Temperaturen vollkommen aufhört, sinkt der  $CO_2$ -Gehalt der Luft nicht vollständig auf das  $CO_2$ -Niveau der freien Luft, sondern zeigt vorübergehend steigende Tendenz infolge der Bodenatmung und des fehlenden Verbrauches durch die Assimilation. Im Früh-

jahr, bei Beginn der Assimilationstätigkeit der Bäume, sinkt er vorübergehend, steigt aber später mit der zunehmenden Bodenatmung wieder — parallel mit der Bodenatmungskurve.

g) Die Entwicklung der Pilze läuft ungefähr mit der Kurve der Gesamtbakterienzahl parallel, nur mit der geringen Abweichung, dass ihr Maximum im Juli und August durch die Trockenheit meistens ungünstig beeinflusst wird.

2. Die zu den physiologischen Gruppen gehörigen Bakterien zeigen in ihrem Verhalten folgende Gesetzmässigkeiten:

a) Die Gesamtzahl der zellulosezersetzenden Bakterien (ärob und anärob) zeigt ungefähr das gleiche Verhalten, wie die Gesamtbakterienkurve.

b) Die Buttersäure- und Harnstoffvergärer-Bakterien zeigen im Grossen und Ganzen ähnliches Verhalten.

c) Die nitrifizierenden Bakterien erreichen in den mittelaltrigen, geschlossenen Waldbeständen ein Maximum und zwar im Laufe des Winters und des Vorfrühlings. Dagegen zeigen sie in dem auf Kahlschlagsfläche entstandenen unterbauten Niederwalde je ein Frühjahrs- und ein Wintermaximum.

d) Die denitrifizierenden Bakterien weisen — entsprechend den Feuchtigkeits- und Niederschlagsverhältnissen — ein Herbstmaximum auf und zeigen ausserdem an zwei Versuchsflächen noch ein Frühjahrsmaximum.

3. Die N-bindenden Bakterien zeigen kein gleichmässiges Verhalten. Auf der einen Versuchsfläche zeigen sie ein Wintermaximum, auf der anderen ein Sommer- und ein Frühlingsmaximum und auf der dritten ein Herbstmaximum. Dieses abweichende Verhalten verlangt die Fortsetzung meiner Untersuchungen zur Klärung dieser Frage.

4. Zwischen den Änderungen der *ph*-Werte und des Humusgehaltes einerseits und den Änderungen des Bakteriengehaltes andererseits, konnte innerhalb der einzelnen Waldbestände kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 10. Dezember 1928.)

# VIZSGÁLATOK AZ ERDŐTALAJ PROTOZOA- FAUNÁJÁRÓL.

FEHÉR DÁNIEL és VARGA LAJOS-tól.

A M. kir. Bányamérnöki és Erdőmérnöki Főiskola Növényteni Intézetének  
Mikrobiológiai laboratóriumából.

## Bevezetés.

Az utolsó évtizedekben végzett talajbiológiai vizsgálatok mind bizonyosabbá tették, hogy a talajban lefolyó biológiai folyamatoknak rendkívül fontos szerepük van a talajt borító növényzet táplálkozási folyamatainál. Nagyon fontossá válik ez a szerep az *erdő* életében, ahol az erdő talajában élő különböző mikroorganizmusok végzik azokat a biológiai és biochemiai folyamatokat, amelyeknek végső eredményeként az erdő talajára évről-évre lehulló szerves anyag elkorhad és szervetlen anyaggá válik, amely formában azután a fák gyökerei által felvehető állapotba kerül. Annak a rendkívül élénk tevékenységnek ellenére is, amely a tudományos kutatás terén a *mezőgazdasági talajok* mikrobiológiáját illetően az utolsó évtizedekben lefolyt, az *erdőt* talaj biológiájára vonatkozó részletes és beható kutatások még nagyon gyér számmal állanak rendelkezésre. (I.)

Az erdőmérnöki főiskola növényteni intézetének mikrobiológiai laboratóriumában lefolytatott mikrobiológiai vizsgálatok, amelyek egyúttal a mikroflórának dinamikai jelenségével is foglalkoznak, a közelmúltban nyilvánosságra hozott vizsgálatok eredményeképpen néhány alapvető törvényszerűséget tártak fel ezen a téren. Ahhoz azonban, hogy a talajban lefolyó mikrobiológiai tevékenység teljes képét kialakíthassuk, szükséges volt

még a talaj *faunájának* a vizsgálatával is foglalkozni azon célból, hogy ennek a szerepét is megismerjük a fentebb vázolt folyamatok létrehozásánál.

Az első lépés volt tehát az erdőtalaj *protozoa*-faunájának megismerésére vonatkozó vizsgálatok lefolytatása. A mezőgazdasági talaj *protozoa*-faunáját illetőleg különösen az amerikai és az angol irodalomban az utóbbi években több vizsgálat látott napvilágot. Amennyire azonban a kezeink között lévő legújabb irodalom ismerete meggyőző bennünket, az erdőtalajok *protozoa*-faunájára vonatkozólag eddig úgyszólván sehol sem végeztek beható vizsgálatokat.

A *protozoáknak* a talaj életében elfoglalt szerepét az eddigi vizsgálatok teljes biztonsággal még nem tisztázták. Egyes szerzőknek az a nézete, hogy a talaj*protozoák* különösen a nitrít- és nitrát-baktériumok működését befolyásolják és a talajban felhalmozódó nitrátmennyiséget megkisebbitik, még nem nyert teljes bebizonyítást. Hasonlóképpen eldöntetlen még a 15 évvel ezelőtt RUSSELL által felállított az az elmélet is, mely a talaj*protozoákat* teszi felelőssé a talaj kifáradásáért.

Igen érdekesek azok a vizsgálatok is, amelyek azt látszanak igazolni, hogy az *Azotobacter* nitrogénkötő képességét és tevékenységét a talaj*protozoák* lényegesen és kedvező irányban befolyásolják. (II.)

Különben sem szabad szem elől tévesztetni, hogyha a talaj*protozoák* nem is játszanak aktív szerepet a talaj különböző szerves táplálóanyagainak az elkészítésében, mégis, már azáltal is, hogy a talajt aránylag nagy számban népesítik be és ezért aránylag nagy tömegben mennek tönkre, elhalt tetemeik korhadásánál elég nagy mennyiségű N-t és más szerves anyagot juttatnak a talajba, miáltal az esetleg a baktériumok működésében okozott kárt részben ki is egyenlítik.

A talajban élő *protozoák* szerepét a velük foglalkozó kutatók különösen a talaj baktériumaival szeretik összefüggésbe hozni. Csaknem minden kutató azt a legfontosabbnak tartott kérdést tűzi maga elé, hogy milyen kölcsönös hatással vannak egymás életére a talaj *protozoái* és baktériumai. Erre a kétségtelenül nagyon fontos és érdekes talajbiológiai kérdésre vonat-



közölg ma két teljesen ellentétes elmélet uralkodik, mely elég súlyos harcban áll egymással. Az egyik elméletnek a harcosai az *amerikai talajbiológusok* és híveik, akik azt vallják, hogy a talajban élő protozoák rendes körülmények között betokozódott állapotban vannak s így természetesen semmiféle hatással sem lehetnek a velük együtt élő baktériumokra. Ezzel az elmélettel szemben áll az *angol iskola*, melyhez csatlakozik az újabban szép eredménnyel dolgozó *orosz talajbiológusok* nagy része is. Ez az iskola azt hangoztatja, hogy a talajban rendes körülmények között tekintélyes mennyiségű aktív protozoa él, melyek éppen a baktériumokkal táplálkoznak s így ezeknek számát tetemesen megcsökkentve a talaj termékenysége annyira fontos baktériumokra káros hatással vannak. Az angol iskolának (CUTLER, CRUMP, SANDON) direkt számolással sikerült kimutatnia, hogy a talaj baktériummennyisége fordítva arányos annak protozoa-faunájának tömegével.

Röviden összefoglalva: az egyik elmélet a talaj protozoáinak nem tulajdonít nagy fontosságot a talaj és az azt borító növényzet életében; a másik iskola ellenben — éppen ellenkezőleg — igen nagy fontosságot tulajdonít. S úgy látszik, hogy a legújabb kutatások az utóbbiak felé hajlítják a mérleg mutatóját.

Az általunk végzett vizsgálatoknak a célja az volt, hogy megállapítsák a különböző erdőtalajokban a protozoák számát az erdőtalaj életét befolyásoló egyéb organikus és anorganikus faktorokkal való összefüggésükben. Hiszen az erdőtalaj maga is nem egyéb, mint egy különleges *élettér (biotop)*, amelyben a *szerves élőlények összességének tagjai (biocönosisa)* egymás életét kölcsönösen befolyásolják. Ez a befolyásolás úgy az élő szervezetek részéről, mint a fizikai és kémiai állapotoknak az összességénél annyira fontos, hogy megismerésük gazdaságilag minden tekintetben szükségesnek és tudományos szempontból is ajánlatosnak látszik.

Vizsgálatainknak célja az is volt, hogy a talaj életét befolyásoló fizikai és kémiai változások, valamint az ezeknek alávetett protozoák életkörülményeinek kikutatása, különösen *quantitativ* szempontból, lehetőleg hosszú időn keresztül, amely ma-

gában foglalja az egész tenyészési esztendőnek az életét, lehetőleg minél több organikus és anorganikus faktor vizsgálata keretében történjék. A protozoákat tekintve nem arra törekedtünk, hogy egy adott talajban azoknak faji és individuális elterjedését megismerjük, hanem különböző módszerekkel kutassuk azoknak számát és kutassuk azokat a befolyásokat, amelyeknek a hatása a protozoák életében megnyilvánul. Ilyen módon a *protozoák: kvantitatív analízisét* igyekeztünk adni; hiszen a talajban a protozoák nem *egyedeikkel*, hanem *tömegükkel* okozhatnak és okoznak is változásokat és szerepelnek az erdőtalaj életében és ezzel kapcsolatban az egész erdő életében fontos befolyással.

### A vizsgálatoknál használt eljárások.

A talajprotozoák vizsgálata általánosan elismerten *igen nagy nehézségekbe* ütközik. Mikroszkópos élőlényekről lévén szó, amelyek a talaj apró részecskéihez kötve élnek le életüket, igen nehéz őket alkalmas módon előkészítve a mikroszkóp tárgyasztalára vinni. A vizsgálatok nagy nehézségét az a körülmény is okozza, hogy közvetlenül igen nehéz őket a talajból kivonni és így közvetlen úton megvizsgálni. Másrészről a legcsekélyebb változások is, akár fizikaiak, akár kémiaiak legyenek ezek, a talajprotozoák életének gyors megszűnését okozhatják. Ha csekély idő áll rendelkezésükre, akkor elpusztulnak, ha pedig elég idejük marad a betokozódásra, akkor a protozoákra általánosan jellemző életmódváltozást: a betokozódást (cystaképzést) hajtják végre.

A talajprotozoák vizsgálatára számos módszert dolgoztak már ki, amelyek különböző szempontokból, de leginkább szisztematikailag, a talajprotozoák megvizsgálását tűzték ki célul. A sokféle módszer közül megpróbáltuk a *hígításos direkt módszert*, amelynek az a lényege, hogy egy meghatározott mennyiségű talajt vízben fokozatos hígításnak vetnek alá, miközben különböző eszközökkel a talajt a legapróbb részecskékre igyekeznek széttörni, vagyis *talajszuszpenziót* igyekeznek előállítani és így az erős hígításban a protozoákat egyenesen viszik mikroszkóp alá. Ennek a különben nagyon fáradságos és hosszadalmas módszer-

nek az a hátránya, hogy nagyon nehéz a különböző talajprotozoákat a szuszpenzióból kivonni és minden tekintetben kifogástalan eredményt csak akkor érhetünk el, hogyha lehetőleg az egész szuszpenziót cseppenként vizsgáljuk át, ami viszont teljesen lehetetlen. Hiszen közben a hosszú idő miatt megváltozik az illető szuszpenzió eredeti fizikai és kémiai állapota, amely ceteris paribus maga után vonja a protozoák mennyiségének és életkörülményeinek megváltozását is. De a szuszpenzió-készítés az a hátránnyal is jár, hogy az erős mechanikai hatás, amely a hígítás és keverés természetes és kiküszöbölhetetlen kísérője, a talaj finom rögöcskéihez hozzátapadó, vagy a rögöcskék közti oldatban élő talajprotozoákat tönkreteszi, ezeknek finom parányi testét megsemmisíti.

A különböző módszerek közül a legjobbnak találtuk a CUTLER-féle hígítási tenyésztési módszert, mely kitűzött célunknak a legjobban megfelelt. (III.) Ennek lényege a következő:

Egy meghatározott mennyiségű talajt, amelyet egy 3 mm-es szitával át kell szitálni, csíramentes (steril) vízben fokozatos hígításnak vetünk alá. Ebből az átszitált talajból veszünk egy-egy 10 gr-os átlagpróbát. Az egyik átlagpróba fog szolgálni a *teljes protozoaszám* (tehát *aktív + cysták*) meghatározására, míg a másik próba kizárólag a *cysták* vizsgálatának a céljait fogja szolgálni. E két próba közül tehát az egyiket közvetlenül csíramentes desztillált vízzel keverve a következő hígítási fokokat állítottuk elő:

1.	10 gr talaj			100 cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 10	hígítás
2.	10 cm <sup>3</sup> az	1. sz. hígításból	90 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 100	«
3.	10 « a	2. «	«	90 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 1000 «
4.	20 « a	3. «	«	30 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 2500 «
5.	20 « a	4. «	«	20 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 5000 «
6.	30 « az	5. «	«	15 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 7500 «
7.	30 « a	6. «	«	10 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 10000 «
8.	20 « a	7. «	«	30 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 25000 «
9.	20 « a	8. «	«	20 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 50000 «
10.	30 « a	9. «	«	15 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 75000 «
11.	30 « a	10. «	«	11 «	H <sub>2</sub> O-ban = 1 : 100000 «

Ezekből a hígításokból azután 1—1 cm<sup>3</sup>-t vettünk és Petri-csészében ágarlemezekre oltottuk rá. Az ágarlemezekre a meg-

keményedés után még sterilvizet öntöttünk, hogy ezáltal a kiszáradás ellen megóvjuk. A fenti hígítási fokokból mindég 2—2 párhuzamos sorozatot készítettünk és ezeket 20°-os elektromosan fűtött és szabályozott termosztátban helyeztük el 28 napig, miközben minden 7., 14., 21. és 28-ik napon végeztük a leolvasásokat. Ez a leolvasás az ágárlemezekből való mikroszkópi készítmények előállítása által történt úgy, hogy a készítményeket kettős szemlencserendszerrel ellátott mikroszkóp alatt legalább 1000—1200-szoros nagyítás mellett átvizsgáltuk.

Az így készült tenyészetekben természetesen megjelentek úgy az *aktív*, mint a *cystákból előbújt* protozoák is.

A második 10 gr-os talajpróbát egy éjjelen keresztül 2%-os sósavval kezeltük. A 2%-os sósav neutralizálja a karbonátokat és a maradék sósav azután az élő protozoákat megöli, azonban a betokozódott (encystált) alakokat érintetlenül hagyja. Másnap azután a sósav eltávolítása után a talajpróbát ugyanúgy kezeltük, mint az előzőt. Ez utóbbi próbákból készített Petri-csészék tartalmának a leolvasása szolgáltatja a fenti hígításos tenyésztési módszer szerint a *betokozódott protozoák* számát. Ezt a számot az első próba készítésével nyert Petri-csészék eredményeinek számából levontuk és így nyertük az aktív protozoák számát.

A kitenyésztett protozoák, illetőleg a tenyésztésre berendezett Petri-csészék átvizsgálása igen nagy, fáradságos és sok időt megkövetelő munka volt. Hiszen csak egy erdőrészletből 44 db Petri-csészét kellett átnézni; itt nem számítjuk a hígításnak nagy gondot és pontosságot igénylő, hosszú időbe kerülő mechanikus munkáját.

Természetesen ez az eljárás nem mondható tökéletesnek, miután sok olyan protozoa-faj van, amely ezen mesterséges feltételek mellett kevésbé, vagy egyáltalában nem tenyészik. Másodszor nem bizonyos az sem, hogy vajjon csakugyan minden cysta ellen tud-e állni a 2%-os sósav elegendő intenzív kémiai hatásának.

Mindezek ellenére mégis ezt az eljárást, illetőleg módszert választottuk, miután a magunk elé tűzött feladat megoldásához, mikor 4 erdőtípus protozoa-faunáját kellett 12 hónapon keresz-

tül megvizsgálunk, egy olyan eljárást kellett választanunk, amely ezen tömegvizsgálatok céljaira megfelel; másrészt nem lett volna célszerű a már egyszer kiválasztott eljárástól már csak azért sem eltérni, hogy ezáltal azokat az esetleges hibafaktorokat, amelyeket az eredetileg általunk választott eljárás magában rejt, más eljárásnak egyéb és újabb esetleges hibatényezőivel ne komplikáljuk.

Végeredményben célunk elsősorban az volt, hogy *a protozoák életének a többi szerves és szervetlen faktorokkal való összefüggéseiben megnyilvánuló időszaki jelenségeit vizsgáljuk meg* és erre a célra ezt az eljárást találtuk a legalkalmasabbnak. További vizsgálataink folyamán azonban, mikor a protozoa-fajok előfordulásának a differenciálását fogjuk megkezdeni, más tenyésztési módok alkalmazását is mérlegelés tárgyává fogjuk tenni. Az alkalmazott vizsgálati módszer szerint meghatározott eredmények tehát az összes táblázatokban és kimutatásokban a protozoák számát pro gramm természetes állapotban levő nedves földre adják.

Miután vizsgálataink folyamán a talaj protozoa-faunájának életébe lehetőleg a többi biológiai tényezővel való összefüggésben óhajtottunk betekintést nyerni, még quantitative mértük a következő szerves és szervetlen tényezőket is:

1. A *talajbaktériumok* számát, mégpedig az *aerob* és *anaerob* baktériumok szerint elkülönítve olyan módon, hogy a gelatinán, illetőleg ágarlemezen kitenyésztett *aerob* és *anaerob* baktériumok számát együtt vettük «*összbaktérium-számmak*». (IV.)

2. A mikroszkópos *talajgombák* számát, melyet egy a legújabban WAKSMAN által ismertetett eljárás szerint savanyúvá tett talajkivonatos ágáron történő tenyésztés útján határoztunk meg. (V.)

3. A *hidrogén-ion töménységének* (*ph*) értékeit, melyeket a már ismertetett chinhydron-elektrodával elektrometrikus úton mértünk meg. (VI.)

4. A *léghőmérsékletet*,

5. a *légnymást*,

6. a *légnedvességet*, melyeket mind hitelesített regisztráló műszerekkel jegyeztünk fel.

7. A fényerősség mérésére az EDER-HECHT-féle fotometrikus eljárást használtuk, amely a fény erősségét BUNSEN-ROSCOE egységekben átszámítva adja. (VII.)

8. A talaj humusztartalmát káliumbikromáttal történő vizsgálati eljárással határoztuk meg. (VIII.)

9. A talaj vízkapacitását (IX.) és

10. a talaj porozitását a WIESMANN által ajánlott módszerekkel határoztuk meg. (IX.)

### A vizsgálatok részletes leírása.

Szóbanforgó vizsgálatainkat a következő erdőrészekre terveztettük ki:

#### 1. A főiskola botanikus kertjében levő lúcos.

Körülbelül 50 éves, szép növekedésű lúcos, gazdag aljnövényzettel, agyagtalajon.

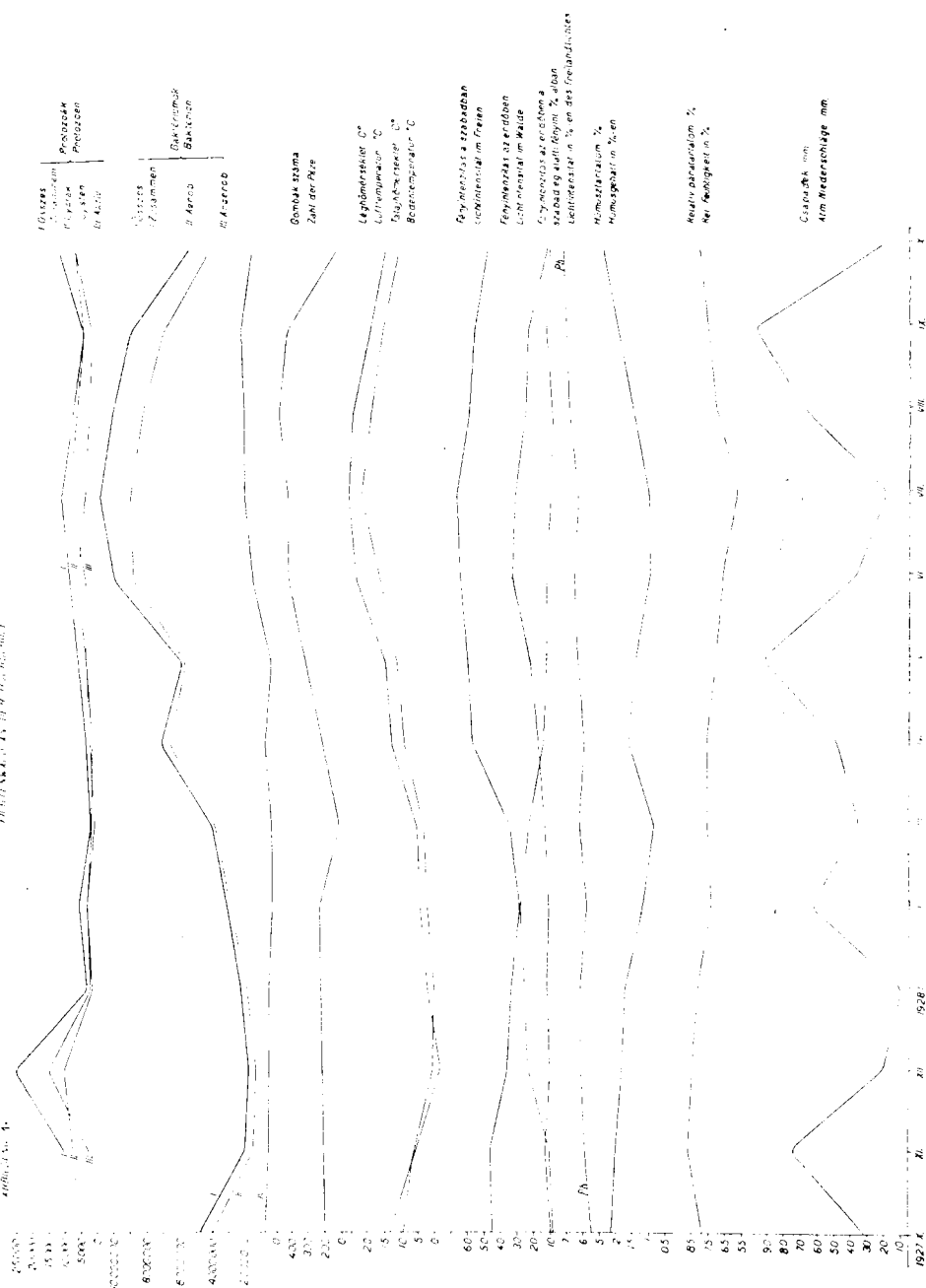
A munkahely közelében a következő növények fordultak elő: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L., *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* Bess., *Viola silvestris* Lam., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius*.

A mérési adatokat az I. számú táblázat és az 1. számú grafikon mutatja.

#### 2. Ágfalvai lúcerdő a főiskola tanulmányi erdejében.

J gazdasági osztály, I. tag, 12. erdőrészlet. Területe 22 k. h. Meglehetősen mély, üde, kissé televényes homokos agyag. Altalaja kavics. Fekvése DNy., lejtőszög 20°. Tengerszín feletti magassága 360—400. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány: lúcfenyő (*Picea excelsa*) Lam et De. (Lk) 0,5, feketefenyő (*Pinus nigra* Arn.) 0,1, vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.) 0,1, gyertyán és nyár (*Carpinus betulus* L. és *Populus tremula* L.) 0,3. Kor: 24 év. Záródás: 1,0.

1. táblázat  
1927. évi 4. és 9. hónapok



1. ábra.\*

\* Lupa használandó.

I. sz. táblázat.  
Főiskolai lúcos.

Hónap — Monat		X.	XI.	XII.	I.	II.	
1.	Protozoák Protozoen	Összesen .....	—	10,000	25,000	2,500	5,000
2.		Zusammen .....	—	7,500	10,000	1,000	2,500
3.		Cysták Cysten	—	2,500	15,000	1,500	2,500
4.	Baktériumok Bakterien	Aktiv .....	4.000,000	1.490,000	1.250,000	1.750,000	2.790,000
5.		Aerob .....	750,000	500,000	450,000	400,000	200,000
6.		Anaerob .....	4.750,000	1.990,000	1.705,000	2.150,000	2.990,000
7.	Gombák száma .....	200,000	205,000	210,000	214,000	220,000	
	Zahl der Pilze .....						
	Léghőmérséklet C° .....	13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85	
	Lufttemperatur .....						
	Talajhőmérséklet C° .....	9·53	6·23	0·39	—0·05	1·80	
	Bodentemperatur .....						
	Ph. ....	5·5	5·9	6·1	6·08	5·74	
	Humusztartalom % .....	2·15	2·0	1·8	1·7	1·2	
	Humusgehalt .....						
	Csapadék mm .....	32·2	75·7	20·3	9·7	63·7	
	Atmosphärische Niederschläge .....						
	Fényintenzitás a szabadban .....	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2	
	Lichtintensität im Freien .....						
	Fényintenzitás az erdőben .....	10·0	13·6	10·4	12·1	11·1	
	Lichtintensität im Walde .....						
	Fényintenzitás az erdőben a szabad .....	8·4	11·0	23·9	25·9	28·1	
	ég alatti fény % -aiban .....						
	Lichtintensität in % -en des Frei- .....						
	landlichtes .....						
	Relatív páratartalom % .....	79	87	85	82	74	
	Rel. Feuchtigkeit in % .....						

1—7. pro gramm nedves föld.  
1—7. „ „ feuchter Erde.



Tabelle I.

*Fichtenwald an der Hochschule.*

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresmittel.
1,000	2,500	5,000	7,500	10,000	6,300	2,500	10,000	7,275
1,000	1,000	2,500	2,500	7,500	5,000	2,500	5,000	4,000
—	1,500	2,500	5,000	2,500	1,300	—	5,000	4,183
3.670,000	6.460,000	5.450,000	8.600,000	8.770,000	8.000,000	6.700,000	3.800,000	4.825,000
200,000	500,000	200,000	1.300,000	1.800,000	1.800,000	2.000,000	1.300,000	877,000
3.870,000	6.960,000	5.650,000	9.700,000	10.570,000	9.800,000	8.700,000	5.100,000	5.687,300
100,000	200,000	300,000	400,000	400,000	450,000	400,000	100,000	261,530
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
6·20	5·94	6·31	6·52	6·23	6·74	6·9	7·04	6·24
0·87	1·63	1·40	0·96	0·97	1·9	2·35	2·83	1·67
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
13·7	17·6	22·8	32·4	30·8	24·0	22·0	11·2	17·82
23·2	14·5	12·8	12·6	9·3	8·3	11·4	9·6	15·30
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22

Aljnövényzet a következő: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europaeum* L., *Brachypodium sylvaticum* (Huds) R. et Sch., *Viola silvestris* Lam., *Convallaria majalis* L. és mohok.

Üzemtervi előírás: nemes fajok felszabadítandók; uralkodó fanem a lúcfenyő, részben vörös- és feketefenyő, a hézagokban gyertyán, itt-ott nyár.

A mérési adatokat a II. sz. táblázat és a 2. sz. grafikon mutatja.

### 3. Ágfalvai sarjerdő a főiskola tanulmányi erdejében.

H gazdasági osztály, II. tag, 22. erdőrészlet. Terület 90 k. h., amelyből a kijelölt terület 1 k. h. Talaja elég mély, üde, agyagos homok. Altalaja az északi részen kavics, a déli részen gneisz és pala. Fekvése ÉK., lejtőszög 30°. Tengerszín feletti magassága 360 m. Termőhelyi osztály II. Fanem és elegyarány 0·7 lúcfenyő (*Picea excelsa*) Lam et De (Lk), 0·2 jegenyefenyő (*Abies alba* Mill.), 0·1 vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.) néhány hagyásfával. Jelenleg a sarjak a fenyőket még túlhaladják, különösen a gyertyán, hárs, nyír, elvértve bükk és tölgy. 1921-ben erdősítették be.

Aljnövényzet: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (Pohl) E. Mey., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Cyclamen europaeum* L., *Stellaria holostea* L., *Asperula odorata* L., *Epilobium montanum* L., *Campanula persicifolia* L., *Campanula glomerata* L., *Melampyrum pratense* L., *Melampyrum nemorosum* L., *Peltigera canina*.

Üzemtervi előírás: az erdősítések felszabadítandók, hagyásfák kiszedendők.

A mérési adatokat a III. sz. táblázat és a 3. sz. grafikon mutatja.

### 4. Lúcos a Várison Sopron mellett.

Meglehetősen nedves, mély televényes agyagtalaj, a gneisz elmállásából keletkezett törmelékkal a gneisz felett. Vastag túalomtakaróval, erős mohtelepüléssel. A munkahely közelében a



## II. sz. táblázat.

Ágfalvi lúcos.

Hónap — Monat		X.	XI.	XII.	I.	II.	
1.	Protozoák Protozoen	Összesen Zusammen	—	10,000	50,000	2,500	1,000
2.		Cysták Cysten	—	7,500	25,000	1,000	1,000
3.		Aktív	—	2,500	25,000	1,500	—
4.	Baktériumok Bakterien	Aerob	—	3.200,000	2.800,000	1.060,000	3.250,000
5.		Anaerob	—	2.000,000	540,000	160,000	600,000
6.		Összesen Zusammen	—	5.200,000	2.800,000	1.060,000	3.850,000
7.	Gombák száma Zahl der Pilze		—	180,000	140,000	245,000	350,000
		Léghőmérséklet C° Lufttemperatur	+13·56	+5·87	—2·24	+1·81	+3·85
		Talajhőmérséklet C° Bodentemperatur	9·53	6·23	+0·39	—0·05	+1·8
		Ph. —	—	5·2	5·50	5·80	6·12
		Humusztartalom % Humusgehalt	—	4·0	3·2	2·7	2·4
		Csapadék mm Atmosphärische Niederschläge	32·0	75·7	20·3	9·70	63·70
		Fényintenzitás a szabadban Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
		Fényintenzitás az erdőben Lichtintensität im Walde	10·0	13·6	10·4	12·1	11·1
		Fényintenzitás az erdőben a szabad ég alatti fény %-aiban Lichtintensität in %-en des Frei- landlichtes	8·4	11·0	23·9	25·9	28·1
		A levegő relatív páratartalma % Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82	74

1—7. pro gramm nedves föld.

1—7. „ „ feuchter Erde.

Tabelle II.

*Fichtenwald bei Ágfalva.*

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresmittel
2,500	5,000	5,000	10,000	5,000	5,000	5,000	7,500	9,042
1,000	2,500	2,500	2,500	2,500	1,500	1,000	2,500	3,885
1,500	2,500	2,500	7,500	2,500	3,500	4,000	5,000	5,227
1.700,000	3.500,000	7.400,000	8.800,000	9.300,000	8.150,000	7.000,000	4.100,000	502,166
250,000	1.500,000	2.800,000	1.250,000	1.500,000	950,000	400,000	1.350,000	1.091,666
1.950,000	3.500,000	10.200,000	10.050,000	10.800,000	9.100,000	7.400,000	4.450,000	5.863,333
250,000	400,000	360,000	400,000	200,000	225,000	250,000	120,000	260,000
4.96	12.27	14.29	22.75	25.16	23.76	18.39	14.01	12.18
+2.85	8.49	10.72	15.95	21.27	18.20	14.67	10.00	9.22
5.80	6.34	6.23	6.80	6.34	6.32	6.35	6.72	6.12
1.32	2.81	1.97	2.13	4.08	3.55	3.04	2.53	2.81
34.50	48.40	93.00	36.40	17.90	67.00	96.30	19.6	47.3
34.9	57.0	59.5	63.8	65.1	58.0	54.4	46.9	48.42
13.7	17.6	22.8	32.4	30.8	24.0	22.0	11.2	17.82
23.2	14.5	12.8	12.6	9.3	8.3	11.4	9.6	15.30
77	77	72	67	58	70	74	76	75.22

következő fontosabb mohokat találtuk: *Scleropodium purum* (L.) Limbr., *Mnium undulatum* (L.) Neck, *Mnium punctatum* (L.) Reich.

$K = C^{\circ}$ . Tengerszint feletti magasság 250—260 m. Kor: 49 év.

Fanem és elegyarány: 0.7 lucfenyő (*Picea excelsa*) Lam et Dc. (Lk.), 0.3 vörösfenyő (*Larix decidua* Mill.) erőteljes növekedésben, szórványosan erdei fenyő (*Pinus silvestris* L.).

Üzemtervi előírás: gyéritésre elő van írva.

A mérési adatokat a IV. sz. táblázat és a 4. sz. grafikon mutatja.

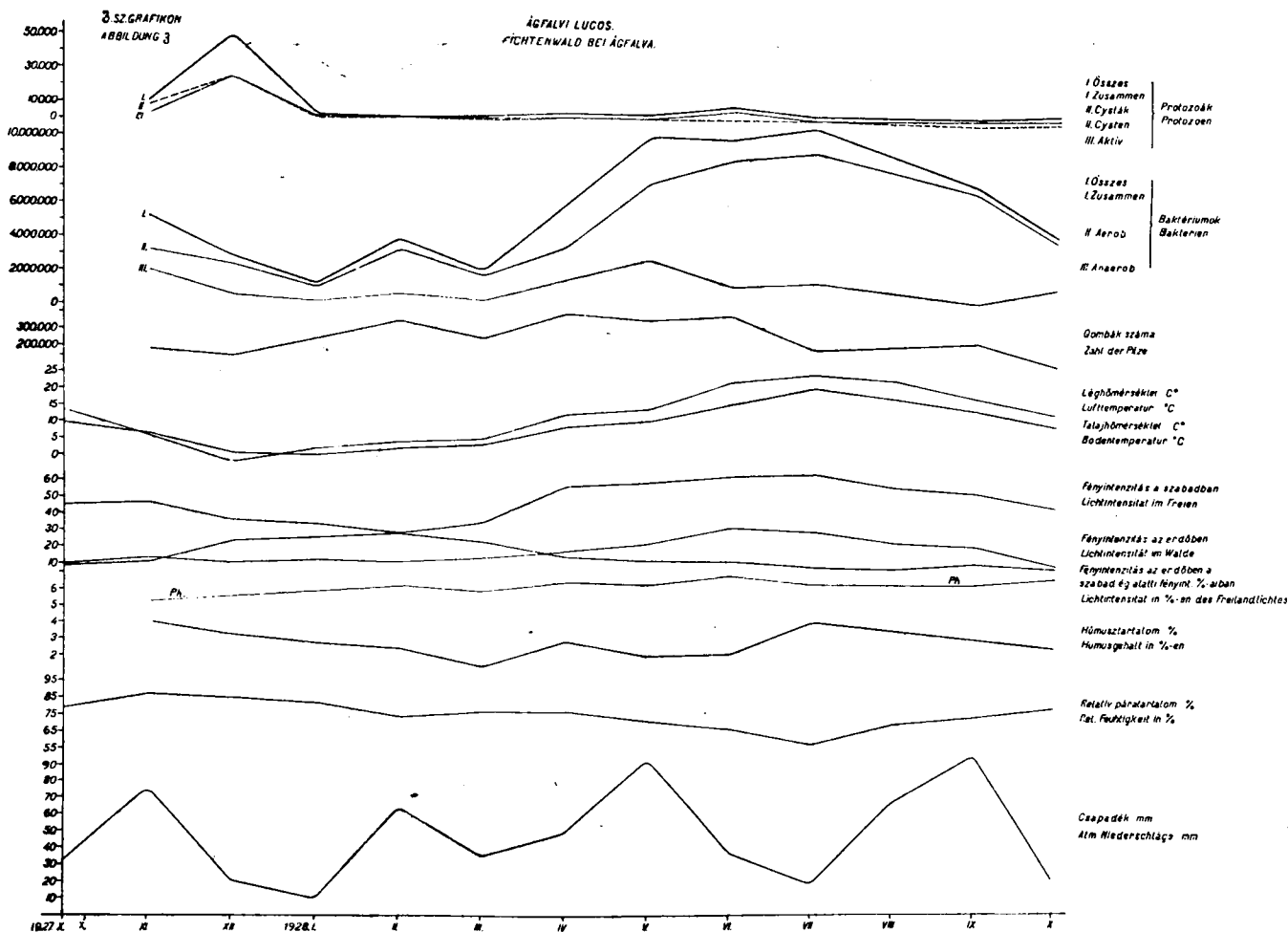
Tekintettel arra, hogy a most vázolt tömegvizsgálatok rendkívül nagy munkateljesítményt kívántak, ennek az erdőrészletnek a mérésénél csak a protozoák számát és a klímafaktorokat mértük és inkább összehasonlító adatok szerzésére törekedtünk.

### Az eredmények összehasonlító tárgyalása.

#### A) Biológiai rész.

Amint a táblázatok és a grafikonok bizonyítják, a *protozodók* és a talaj egyes *szerves* és *szervetlen* faktorai között sok tekintetben *pozitív* és *negatív* irányú *összefüggést* lehet kimutatni. A grafikonok általában arról tanuskodnak, hogy a protozoák *késő ősszel és a tél elején érik el maximális számukat*, ez a szám azután fokozatosan alászáll és a másik, az elsőnél alacsonyabb maximumot a *nyár folyamán* érik el. Rendkívül érdekes, hogy a protozoaszám első maximuma azon időszakra esik, amikor a baktériumszám a minimális értékeit éri el. Azután a baktériumszámmal együtt növekedik és ezzel együtt éri el a második maximumát a nyári időszakban.

Amig azonban az összes erdőrészletek táblázatai és grafikonjai a baktériumszám és a talaj és a levegő hőmérséklete között egy félre nem érthető határozott összefüggést mutatnak, addig ez az összefüggés a protozoaszámra vonatkozólag csak részleges, miután, amint a vizsgálatok mutatják, úgy látszik, hogy a talaj életében a döntő és főszerepet a *Nap hőenergiája* játssza, amely elsősorban a talaj és a levegő hőmérsékletében



3. ábra.\*

\* Lupa használandó.

III. sz. táblázat.  
*Ágfalvi sarjerdő.*

Hónap — Monat			X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoák Protozoen	Összesen .....	—	7,500	5,000	7,500	2,500
2.		Zusammen .....	—	2,500	2,500	5,000	1,000
3.		Cysták Cysten .....	—	5,000	2,500	2,500	1,500
4.	Baktériumok Bakterien	Aktiv .....	—	3,600,000	2,300,000	1,050,000	3,162,500
5.		Aerob .....	—	200,000	170,000	100,000	120,000
6.		Anaerob .....	—	3,800,000	2,470,000	1,150,000	3,282,500
7.	Gombák száma .....		—	200,000	180,000	160,000	150,000
	Zahl der Pilze .....						
	Lég hőmérséklet C° .....		13·56	5·87	—2·24	1·81	3·85
	Lufttemperatur .....						
	Talaj hőmérséklet C° .....		9·53	6·23	0·39	—0·05	1·80
	Bodentemperatur .....						
	Ph. ....		—	4·90	4·75	4·61	5·79
	Humusztartalom % .....		—	2·2	2·2	2·25	2·80
	Humusgehalt .....						
	Csapadék mm .....		32·2	75·7	20·3	9·7	63·7
	Atmosphärische Niederschläge .....						
	Fényintenzitás a szabadban .....		45·1	46·7	36·1	33·9	28·2
	Lichtintensität im Freien .....						
	Fényintenzitás az erdőben .....		—	—	—	—	—
	Lichtintensität im Walde .....						
	Fényintenzitás az erdőben a szabad ég alatti fény %-aiban .....		—	—	—	—	—
	Lichtintensität in %-en des Frei- landlichtes .....						
	A levegő relatív páratartalma % .....		79	87	85	82	74
	Rel. Feuchtigkeit in % .....						

1—7. pro gramm nedves föld.

1—7. „ „ feuchter Erde.



Tabelle III.

*Niederwald bei Ägfalva.*

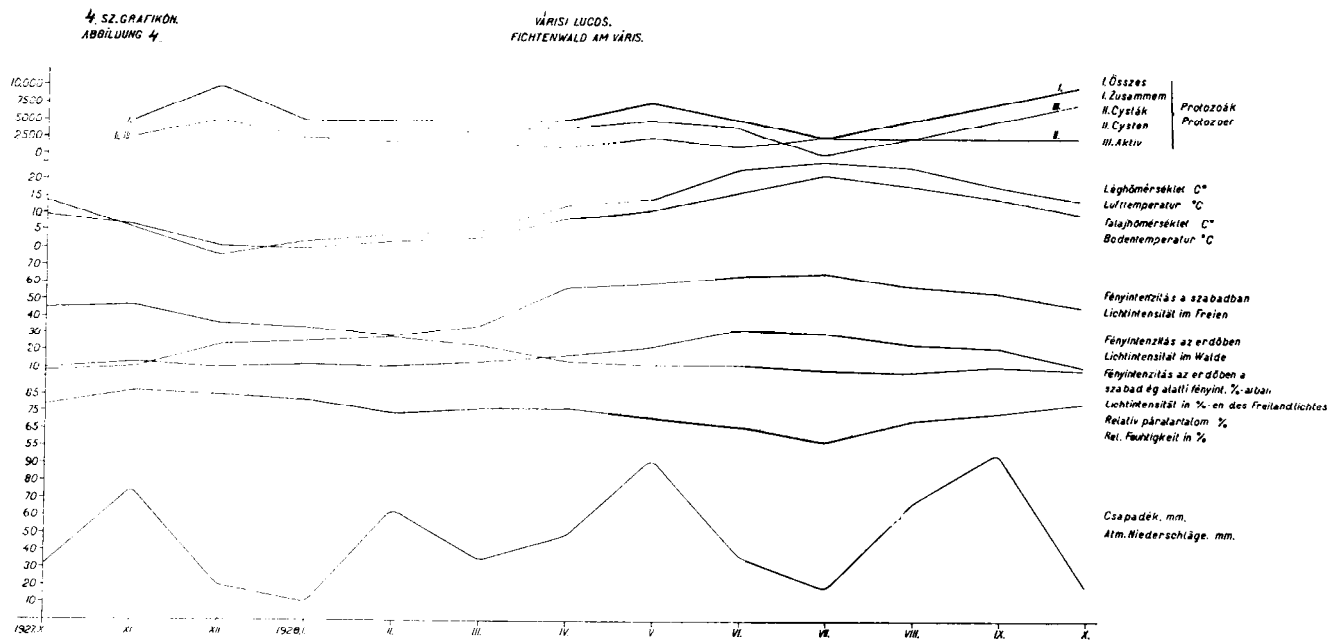
III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresmittel
5,000	1,000	2,500	7,500	10,000	6,200	2,500	7,500	5,375
5,000	1,000	2,500	1,000	7,500	5,000	2,500	1,000	3,041
—	—	—	6,500	2,500	1,200	—	6,500	3,525
2.648,000	5.800,000	9.550,000	8.930,000	11.300,000	10.000,000	8.000,000	3.100,000	5.786,710
200,000	350,000	400,000	1.500,000	1.900,000	2.000,000	2.500,000	1.000,000	870,000
2.840,000	6.150,000	9.950,000	10.430,000	13.200,000	12.000,000	10.500,000	4.100,000	6.654,375
100,000	110,000	250,000	350,000	250,000	150,000	60,000	70,000	169,166
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
5·81	5·76	6·20	6·45	5·90	5·94	6·24	6·58	5·74
2·03	4·17	3·16	2·73	2·52	2·61	2·7	2·81	2·68
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22

és másodsorban a fényintenzitásban nyilvánul meg. Ennek a két, a nap hőenergiájának biológiai megnyilvánulását jelző faktornak az emelkedésével és süllyedésével függ össze a legszorosabban a baktériumszámnak a talajban való változása, amint ezt a vizsgálatok is világosan bizonyítják. A baktériumszám minimális értékeit a hőmérséklet és a fényintenzitás minimális értékei mellett éri el és legmagasabb értékei egybeesnek ezen értékek kulmináló pontjaival.

Ezzel ellentétben a *protozoaszám* éppen akkor éri el a maximumát, amikor a baktériumszám és a hőmérsékleti és fényintenzitási faktorok minimális értékek között mozognak. Későbbi emelkedése pedig egybeesik ezen faktorok emelkedő irányzatával.

Az ágfalvai lúcos és a főiskolai lúcos talajának protozoafaunájára vonatkozó diagrammok mellett érdekes különbséget lehet felfedezni az *ágfalvi sarjerdőre* feldolgozott anyaggal szemben. Az ágfalvi sarjerdőben 3 maximum fedezhető fel, még pedig az első januárban, a második márciusban, a harmadik júliusban és ez az utolsó maximum a legnagyobb. A késő őszi maximum nem annyira kifejezett, mint az ágfalvi lúcosban és a főiskolai lúcosban (l. 3. sz. ábra). Ennek oka kétségtelenül abban rejlik, hogy az ágfalvi sarjerdő mint egészen fiatal állomány, egészen más talajviszonyokkal rendelkezik, mint a másik két erdőtípus. Sokkal magasabban fekszik és erősen ki van téve az uralkodó északnyugati és nyugati szeleknek. Ezek a szelek a talaj szárazságára, illetőleg a talaj nedvességtartalmára igen nagy befolyással vannak és nagy mértékben előidézik a talajnedvesség hullámzását. Ez okozhatja azt a különös jelenséget, ami a két másik erdőtípus protozoa-faunájával szemben kimutatható. Úgy látszik tehát, hogy a protozoaszám erősen függ az egyes erdőtípusoktól. Minél inkább kifejezetten zárt erdőtípus talajáról van szó, annál biztosabban kimutatható a protozoák késő maximuma, de nyílt és magasabban fekvő erdőtípusoknál egészen más viszonyokra mutatnak a vizsgálatok.

Hogy mi az a körülmény, amely a talajban élő protozoák késő őszi és téleleji maximumát idézi elő, erre határozott és kielégítő választ adni még nem tudunk. Legfeljebb csak sejtjük



4. ábra \*

\* Lupa használandó.

## IV. sz. táblázat.

Várisi lúcos.

Hónap — Monat		X.	XI.	XII.	I.	II.
1.	Protozoák Protozoen	Összesen — Zusammen	5,000	10,000	5,000	
2.		Cysták — Cysten	2,500	5,000	2,500	
3.		Aktív	2,500	5,000	2,500	
4.		Lég hőmérséklet C° Lufttemperatur	13·56	5·87	—2·24	1·81
5.		Talaj hőmérséklet C° Bodentemperatur	9·53	6·23	0·39	—0·05
6.		Fényintenzitás a szabadban Lichtintensität im Freien	45·1	46·7	36·1	33·9
7.		Fényintenzitás az erdőben Lichtintensität im Walde	10·0	13·6	10·4	12·1
		Fényintenzitás az erdőben a szabad ég alatti fény %-ában Lichtintensität in % -en des Frei- landlichtes	8·4	11·0	23·9	25·9
		Relatív páratartalom % Rel. Feuchtigkeit in %	79	87	85	82
		Csapadék mm Atmosphärische Niederschläge	32·2	75·7	20·3	9·7

1—3. pro gramm nedves föld.

1—3. „ „ feuchter Erde.

## V. sz. táblázat.

Összesítő táblázat az évi átlagokban.

	Összes Protozoák Zusammen	Cysták Cysten	Aktív Protozoák	Aerob Baktériumok	Anaerob Baktériu- mok	Összesen Zusammen	Gombák száma Zahl der Pilze	Lég hőmérséklet C° Lufttemperatur
F.	7,275	4,000	4,183	4,825,000	877,000	5,687,300	261,530	12·18
S.	5,375	3,041	3,525	578,671	870,000	6,654,375	169,166	12·18
L.	9,042	3,885	5,227	502,166	1,091,666	5,863,333	260,000	12·18
V.	6,250	2,438	4,357	—	—	—	—	12·18

Az adatok 1 gramm nedves földre vonatkoznak.

F = Főiskolai lúcos — Fichtenwald an der Hochschule. S = Ágfalvi sarjerdő — Niederwald bei Ágfalva.

Tabelle IV.

*Fichtenwald bei Váris.*

III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Évi átlag Jahresmittel
	5,000	7,500	5,000	2,500			10,000	6,250
	1,000	2,500	1,000	2,500			2,500	2,438
	4,000	5,000	4,000	—			7,500	4,357
4·96	12·27	14·29	22·75	25·16	23·76	18·39	14·01	12·18
2·85	8·49	10·72	15·95	21·27	18·20	14·67	10·00	9·22
34·9	57·0	59·5	63·8	65·1	58·0	54·4	46·9	48·42
13·7	17·6	22·8	32·4	30·8	24·0	22·0	11·2	17·82
23·2	14·5	12·8	12·6	9·3	8·3	11·4	9·6	15·30
77	77	72	67	58	70	74	76	75·22
34·5	48·4	93·0	36·4	17·9	67·0	96·3	19·6	47·3

Tabelle V.

*Vergleichende Tabelle in Jahresmittelwerten.*

Talaj hőmérséklet C° Bodentemperatur	Ph.	Humus tartalom % Humusgehalt	Csapadék mm Atmosphärische Niederschläge	Fényintenzitás a szabadban Lichtintensität im Freien	Fényintenzitás az erdőben Lichtintensität im Walde	Fényintenzitás az erdőben a szabad ég alatti fény %-ában Lichtintensität in % des Freilandlichtes	Relatív páratartalom % Rel. Feuchtigkeit in %
9·22	6·24	1·67	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22
9·22	5·74	2·68	47·3	48·42	48·42	—	75·22
9·22	6·12	2·81	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22
9·22	—	—	47·3	48·42	17·82	15·30	75·22

Alle Daten pro 1 gramm feuchter Erde.

L = Ágfalvi lúcos — Fichtenwald bei Ágfalva.

V = Várisi lúcos — Fichtenwald bei Váris.

azt, hogy valószínűleg a szerves és szervetlen faktoroknak éppen ősszel megnyilvánuló egy olyan kölcsönös összefüggése hozza ezt a maximumot létre, amely összefüggést az eddigi vizsgálatok folyamán még biztosan megtalálni nem tudtunk. Az kétségtelen, hogy az *őszi nagyobb csapadékmennyiség, amely ősztől végén és tél elején a rövidebb napok alatt tovább megmarad és így a talaj párolgása minimális értékei között mozog, szintén kedvező hatást gyakorol a protozoák kifejlődésére.*

Ha ugyanis a grafikonokban az *évi csapadékmennyiség* görbáját a protozoák és különösen az *aktív protozoák* görbéjével összehasonlítjuk, akkor azt látjuk, hogy *minden nagyobb csapadékhullás után a protozoák száma is emelkedett.* S bár ez az emelkedés nem párhuzamos a csapadékgörbével és nem erősen kidomborodó, mégis látni lehet, hogy az eső által a talajba jutó nagyobb csapadékmennyiség mindenestre maga után vonja a talajban élő aktív protozoák szaporodását, számuknak megnövekedését is, mely számnövekedést a *lappangó életből (anabiosis)* rendes életre jutó cysták száma is elősegíti. Hiszen az erdőtalajban mindenkor nagymennyiségű protozoa-cysta mutatható ki, melyek csak a tenyésztéshez alkalmas időt várják, hogy új életet kezdjenek. A tenyésztésre alkalmas idő pedig bekövetkezik, úgy látszik, akkor, amikor a talaj *állandóbb jellegű vízmennyiséggel* telik meg. Az anabiozissal, lappangó élettel foglalkozó kutatók pedig kiderítették, hogy még magasabbrendű többsejtű állatok is, (*Rotatoria, Tardigrada*) 5—8 óra leteltével képesek újra rendes életet kezdeni. A betokozódott állapotban a lappangó életet élő Amoebáknak sincs ennél sokkal több időre szükségük a rendes élet újra való felvételéhez, bár tapasztalataink szerint sok individuum 5—8 napig is megmarad betokozódott állapotban, még a Petri-csészék ágarlemezeinek látszólag kedvező feltételei között is.

Különösen az *ágfalvi sarjerdőre* vonatkozó aktív protozoák száma hirtelen megnövekszik akkor, midőn nagyobb csapadékmennyiség leesése után a talaj nedvessége nagyobb és állandóbb lesz.

De nem lehetetlen az sem, hogy az *őszi lombhullás* szintén elősegíti a talajprotozoák kifejlődését, mégpedig azáltal,

hogy ezeknek gazdagabban juttat szerves tápanyagot. Hasonlóképpen figyelembe kell vennünk azt a körülményt is, hogy lombhullás idején a *fáknak vízpárologtató képessége* is csökkent, amely eredménye egyrészt az őszi rövidebb napok alatt kifejlődő csökkentmérvű asszimilációnak és másrészt következménye azon természetes jelenségnek, hogy ősszel a külső levegő páradúsabb voltánál fogva az így beálló nyomásesés következtében már elpárologtatott víznek a mennyisége is kevesbedik. Ez a fontos körülmény kétségkívül azt fogja eredményezni, hogy a *talaj víztartalma*, kapcsolatosan az előbb említett csökkent vízpárologtatással, jelentékenyen magasabb és állandóbb marad. És ehhez hozzájárul még az a körülmény is, hogy az erdő talaját borító egyéb növényzet is beszünteti életműködéseit, gyökérzetével több vizet egyáltalán fel nem vesz s így a talaj vízmennyiségének állandóbságát nem bontja meg.

És éppen ez az *államlóság* az, ami valószínűleg magyarázza a protozoák számának ezt az emelkedését. Természetesen a tél derekán beálló fagyok és a hőmérséklet erős csökkenése ezen maximális számnak hirtelen való csökkenését eredményezik. Azonban a mi kontinentális klímánk mellett a nyári száraz hónapokban nem tudnak ezek a nedvesség iránt annyira érzékeny élőlények a hőmérsékleti faktorról arányosan megfelelő nagy számban kifejlődni.

A nyári csökkenés még különösen azzal is magyarázható, hogy a *talajnedvesség ugrásszerű változásai* a talajprotozoák tenyésztésére egyáltalában nem kedvezőek. Nem szabad még figyelmen kívül hagyni azt a körülményt sem, hogy a mi ideai nyárunk abnormisan száraz volt és valószínűleg ez akadályozta meg azt, hogy a második maximum a maga teljességében kifejezésre jusson. Ennek a nyári maximumnak az őszihez hasonló kifejezettségét azonban még akkor sem várhatnók, ha a mi klímánkban gyakran előforduló, dús nyári csapadék is jutna az erdők talajába, mert az erdőre jellemző gazdag növényzet igen nagy mértékben veszi igénybe a talaj vizét.

Feltűnő, hogy a *levegő és a talaj hőmérséklete* milyen csekély hatással van a protozoák életére és szaporaságára. Amint a diagrammokból is látható, késő ősszel, amikor a talaj

hőmérséklete nagyon alacsony volt, a protozoák száma a legmagasabbra emelkedett. Viszont március, április és május hónapokban, valamint szeptemberben, amikor a talaj és a levegő hőmérséklete tekintélyesen magas volt, az *aktív protozoák száma minimális volt*, vagy pedig egyáltalában nem volt aktív protozoa kitenyészthető (lásd különösen az ágfalvi sarjerdőre vonatkozó diagrammot).

*A talaj összbaktériumainak száma és protozoáinak száma között határozott összefüggést nem sikerült kimutatnunk és úgy látszik, hogy az erdők állományának fajbeli összetétele sem gyakorol érezhető betolyast a protozoa-fauna kifejlődésére.*

És itt térhetünk rá annak a kérdésnek a tárgyalására is, mely a talajban élő *protozoák és a baktériumok kölcsönhatására* vonatkozik. Láttuk előbb, hogy az amerikai talajbiológusok a talaj protozoáinak nagy jelentőséget nem tulajdonítanak, szemben az angol-orosz talajbiológusoknak azzal a nézetével, hogy igenis a talaj protozoái lényegesen és aktíve befolyásolják a talaj baktériumainak életét. Sőt véleményük szerint a talaj baktériumainak száma *fordítva arányos a talaj protozoáinak számával*.

A nélkül, hogy bármelyik vélemény mellett is állást foglalnánk, tisztán a diagrammokban kétségtelenül látható és kiolvasható adatokra utalunk. Láthatjuk azokból, hogy a talaj *összbaktériumainak száma legalacsonyabb késő ősszel és télen*, míg tavasszal és nyáron számuk erősen növekedik, hogy körülbelül *júliusra* elérje a maximumot. Viszont a *talajprotozoák száma késő ősszel és tél elején a legnagyobb*, amikor az összbaktériumok száma a legkisebb.

Ebből a vizsgálatainkkal kézzelfoghatóan bebizonyított tényből mind a két iskola következtetni tudna; mégpedig az angol-orosz iskola azt mondaná, hogy az összbaktériumok száma azért csökkent minimumra, mert maximumra emelkedett a talajprotozoák száma. Viszont nyáron kevés a protozoa, tehát emelkedett a baktériumok száma! Igaz, hogy részben ellentmond ennek a protozoák kicsiny nyári maximuma, de olyan kevés mégis ezek száma, hogy a baktériumok szaporodását nem volt képes megakadályozni.



Az amerikai iskola pedig azt olvashatná ki az említett diagrammokból, hogy a protozoák száma a talajban nincsen semmi befolyással a baktériumok életére, hiszen elég nagy nyári protozoaszám mellett is szigorú szabályszerűséggel egyenletesen emelkedik az összbaktériumok száma, tekintet nélkül az esetleg nagyobb számban fellépő aktív protozoákra.

A mellékelt diagrammok azonban kétségtelenül azt mutatják, hogy a talajban az aerob és anaerob baktériumok, tehát az *összbaktériumok szaporodása egyenes függvénye a talaj és a levegő hőmérsékleti tényezőinek*. Ez a függvény kimutatható mindegyik átvizsgált erdőtalajra vonatkozólag is. De kimutatható a talajban élő *gombaflórára* is teljes azonossággal.

*Az összbaktériumok és a gombák élete tehát egyáltalában nem függ a talaj protozoáitól* és ebben a véleményünkben az amerikai álláspont felé közelednénk.

Viszont a *talaj protozoáinak élete nincsen a baktériumokhoz kötve*, melyek sokkal szárazabb talajban is élnek szaporodásukkal bizonyosságot tesznek arról, hogy igényeikben és szükségleteikben kevésbé kényesek, mint a talaj protozoái.

Mi, akik célul tűztük ki azt, hogy a talaj protozoa-faunájának életét minél több organikus és anorganikus faktor megvizsgálásával kikutassuk, nem csatlakozhatunk egyik iskola felfogásához sem. Meggyőződésünk, hogy az egyes *biotopok* (életterek) *biocönosisának* kikutatásában sohasem lehet csak egyik faktort vizsgálat tárgyává tenni. *Minden biocönosis élete annyira bonyolult, hogy csakis a faktorok minél nagyobb számának figyelembevételével lehetünk eléggé merészek természeti törvényszerűségek kimondására.*

Mi azért — még mindig eléggé óvatosan — annak a meggyőződésünknek adhatunk kifejezést, hogy az igazság itt is, mint sok más ellentétes vélemény között, a középen van. A protozoáknak igenis *fontos szerepük van a talaj biocönosisában* és ennek életében, de ez a szerep mégsem annyira fontos, mint ahogyan az angol-országi iskola állítja, viszont szerepüket nem szabad annyira sem lebecsülni, mint ahogyan ezt az amerikai talajbiológusok nagy része teszi. Mert minden biocönosisban az alkotó fajok fontos szerepet játszanak s így kétségtelen, hogy a

talaj protozoái is nagy befolyással vannak a talaj életében. Arra a kérdésre, hogy ez a befolyás milyen erejű és irányú, még korainak tartjuk feleletet adni. Erre vonatkozólag további vizsgálatokat tartunk szükségeseknek.

A talajprotozoáknak s különösen a legfontosabb *Amoebák*-nak táplálkozására vonatkozólag számos esetben megfigyeltük, hogy azok valóban táplálkoznak talajbaktériumokkal is, de a talaj egyéb organikus formált anyagait is felhasználják táplálékkul. Nem lehet tehát azt mondani, hogy kizárólag csak baktériumokkal táplálkoznak. Néhány esetben pedig megfigyelhettük, hogy a talajban élő Amoebák a kannibáлизmustól sem riadnak vissza. Egy ízben a Petri-csészéből kivett tenyészetet vizsgáltuk, amikor egy jókora *Amoeba terricola* Ehrbg. vonta magára a figyelmünket, amint jellemző mozgásával egy kisebb *Amoeba limax* Duj.-t teljesen felfalt, bekebelezett. Pedig körülötte a baktériumok és bacillusok egész serege uszkált ide-oda a táptalaj folyékony anyagában. Ugyanezt tapasztaltuk egy *Amoeba sphaeronucleolus* Greeff-nél is, mely egy kis *Amoeba radiosa* Ehrbg.-t falt fel.

Az anorganikus faktorok közül jelentős a talaj hidrogénion-töménysége (ph) is, mely azonban a protozoák életében — úgy látszik — nem szerepel jelentékenyen. A vizsgálatok szerint a mi erdőtalajaink ph-ja gyengén savanyú állapotra mutat s ebben nagy változás az év folyamán nem következik be. Mondhatjuk azért, hogy az erdőtalaj hidrogénion-töménységének gyengén savanyú állapotra való utalása azt is tanúsítja, hogy a talajprotozoák életére ez a kedvező.

#### B) Erdőgazdasági rész.

Amíg az erdőtalaj baktérium-flórájának az erdő táplálkozásánál kimondottan és bebizonyítottan fontos szerep jut, addig ezt a talajprotozoák szerepére az eddigi vizsgálatok alapján megállapítani nem lehet. Az erdő talajában élő baktériumok működése szolgáltatja a fák számára az asszimilációhoz szükséges levegő  $CO_2$ -jának utánpótlását. Ugyancsak ezek a baktériumok dolgozzák fel a talaj N-vegyületeit is és hozzák ezeket olyan alakra, hogy a fák gyökerei felvehetik.

Ezzel szemben, amint már a biológiai részben is rámutattunk, a protozoák szerepe még tisztázatlan. Az kétségtelenül bizonyos, hogy életműködéseik folyamán ezek is szolgáltatnak bizonyos mennyiségű  $CO_2$ -ot az állományok levegője számára. Sőt ahhoz sem férhet kétség, hogy az erdő talajában élő protozoák elhalásakor ezeknek a korhadó teste viszont N-vegyületeket szolgáltat a talajbaktériumok számára. Az eddigi vizsgálataink folyamán azonban megállapíthatjuk, hogy ez a két faktor a protozoaműködés szempontjából különösebb jelentőséggel nem bír. Ezért ebből a szempontból vizsgálatainkat tovább kell folytatnunk, hogy állásfoglalásunkat véglegesen és teljes biztonsággal megállapíthassuk.

Előbbi véleményünket megerősíti az a körülmény, hogy, amint a vizsgálatok mutatják, *a protozoák jelentékeny száma állandóan betokozódott állapotban van* az erdő talajában és különösen áll ez a nyári tenyészeti időszakra, ahol a nagy szárazság mint gátló körülmény szerepel a protozoák életében és őket betokozódásra kényszeríti, tehát aktív életműködésüket lehetetlenné teszi.

A fennmaradó *csekélyszámú protozoa pedig jelentékenymérvű életműködést nem fejthet ki*. Egy meghatározott mennyiségű erdőtalajban sokszor nagyobb mennyiségű aktív protozoa is fordul elő, tehát minthogy nagytekintélyű résztvevői az erdő biocönosisának, így életműködésükkel feltétlenül hatással vannak az erdő talajára, de úgy látszik, hogy az erdőben levő szerepük egyébként sem áll azon a fokon, mint amelyen a kerti- és mezőgazdaság számára igénybevett talajokban, ahol az eddigi vizsgálatok szerint számuk is jelentékenyen nagyobb.

A baktériumok életműködésére a protozoák valószínűleg nincsenek nagyobb befolyással, hiszen legnagyobbreszt azt a kárhatást tulajdonítják nekik, hogy baktériumokkal táplálkozva azoknak a számát jelentékenyen megcsökkentik. Való, hogy táplálékukat nagyrészt a baktériumok közül veszik, tapasztalatunk szerint azonban meggondolandó, hogy vajjon tisztán a baktériumok világából nyerik-e minden tápanyagukat. A talajban levő egyéb apró élőlények, gombacsírák és organikus anyagok bizonyára táplálékul szolgálnak a protozoáknak. Ehhez számítjuk

még azt a körülményt is, hogy az erdőtalaj protozoái között bizonyára előfordul a kannibáлизmus esete is. Ez a kannibáлизmus nem annyira a *Ciliatákra* áll, hanem különösen a talajprotozoák nagy számát kitevő *Amoeba*-fajokra. Tenyészetünkben is tapasztaltuk, amint fentebb erre rámutattunk, hogy egyes nagyobb testű *Amoebák* annak ellenére, hogy a táptalajokban rengeteg mennyiségű különböző baktérium-fajta állott rendelkezésükre, mégis zsákmányul ejtették, egyenesen bekebelezték a kisebb *Amoeba*-fajokhoz tartozó társaikat. Az is ismeretes, hogy az *Amoebák* körében többször előfordul a kannibáлизmusnak hasonló esete.

Erdőgazdasági szempontból rendkívül érdekes a protozoaszám alakulásának összehasonlítása az ágfalvi sarjerdőben és az ágfalvi lúcosban. Ugyanis az ágfalvi sarjerdő egy tarvágással letartolt területen újult fel, amelyet fenyőkkel telepítettek alá. Miután a fiatal lombfasarjak a talajnak még kellő védelmet nyújtani nem tudnak, így a protozoaszám kialakulása szempontjából ez azzal a hátrányos körülménnyel jár, hogy a protozoák más, idősebb korú és zárt állásban nőtt állományokban elért maximális számbeli kifejlődésüket elérni nem tudják. Ebből a szempontból tehát a *tarvágásos üzemmód szintén hátrányos a protozoa-fauna kialakulását illetőleg*.

Amint dr. FEHÉR (I.) már rámutatott, a tarvágásos üzemmód az erdő  $CO_2$  gazdálkodásának a szempontjából is káros, miután ezeken a nem védett, tarra vágott területeken a szelek szárító hatása fokozottabban érvényesül és ezenfelül a közvetlen napsugaraknak ibolyántúli sugarai szintén érvényesítik káros hatásukat.

Ezen oknál fogva a tarvágásos üzemmód, ha talán közvetlenül a baktériumszám kialakulását nem is befolyásolja, mégis ezeknek az életműködésére gátlólag hat. A protozoáknál, amelyek a hőmérsékleti szélsőség és a kiszáradás ellen felette érzékenyek, amint ezek a vizsgálatok mutatják, a tarvágásos üzemmód hasonlóképpen szintén rendkívül hátrányos.

Az ágfalvi sarjerdő a többi megvizsgált erdőtípustól különben még abban is lényegesen különbözik, hogy benne sokszor hónapokra nem lehetett aktív protozoákat kimutatni. Amint a

3. sz. grafikonból és a III. sz. táblázatból kivehető, március-, április- és májusban nem volt aktív protozoa s júliusban egyszerre magas számmal jelentek meg. Szeptember havában megint csak betokozódott állapotban voltak találhatók s októberben már teljesen ugyanabban a létszámban jelentek meg, mint júliusban. Igen, mert szeptemberben a talaj megtelhetett nedvességgel, ezt a növényzet már kevéssé zsákmányolta ki, a talajnedvesség állandóbb maradt s így a protozoák kedvező életkörülmények közé jutva elhagyhatták betokozódott állapotukat. Itt mutatkozik tehát jól az *állandó nedvesség szükségessége a protozoák életében*. A többi megvizsgált erdő tehát *zárt* állományú, de itt nagyon fiatal erdőről lévén szó, a talaj nem is mondható még minden tekintetben igazi erdőtalajnak.

Különben nem akarunk feleslegesen szót szaporítani. A táblázatok és grafikonok, melyek vizsgálataink eredményét tartalmazzák, önmaguk beszélnek. Az érdeklődők sok olyan adatot is kiolvashatnak belőle, melyeket mi itt, szűkre szabott terület figyelembe véve, meg nem említettünk.

#### (c) Szisztematikai rész.

Az átvizsgált erdőtalajokban megtalált, illetőleg kitenyészített protozoákat a mellékelt VI. sz. táblázat tünteti fel. Itt felsoroltuk azokat az eseteket is, amelyek csak egyszeri előfordulásra vonatkoznak. A táblázatból kivehető, hogy milyen fajok melyik erdőtípusban és melyik időszakban voltak megtalálhatók. Látható, hogy vannak fajok, amelyek egész éven át és minden időszakban megvoltak, viszont több olyan faj is van, amelyek csak egy meghatározott évszakban tenyésznek. Különös, hogy ilyen fajoknak még a cystáit sem lehetett tenyészésre bírni. Úgy látszik, hogy itt olyan *tartós* cystákról van szó, melyek a táptalajban sem pattannak fel, hanem csakis az *illető fajra jellemző tenyészeti évszakot várják meg*. Ez is érdekes biológiai jelenség, amely továbbkutatásra érdemes.

Említett táblázat mutatja azt is, hogy a talaj biocönosisában a legnagyobb szerepet az *Amoebák* játsszák, melyeknek 10 fajtát sikerült megállapítanunk. Legkevesebb számban a *Mastigophorák* szerepelnek.

## 6. sz. táblázat.

*Az átvizsgált erdőtalajok megtalált, illetőleg kitenyészített protozoa-  
Die Verteilung der untersuchten Protozoen-*

Sorszám Nummer	Rend Ordo	Protozoa-fajok Protozoa-Arten	H ó n a p o k —		
			Nov.	Dec.	Január
1.	Mastigophora	Bodo caudatus DUJ. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.V.
2.		Cercomonas crassicauda ALEXEJEFF	—	—	—
3.		Mastigamoeba limax MOROFF — — —	—	—	S.
4.		Monas guttula EHREB. — — — — —	F.V.	V.	S.V.
5.	Rhizopoda	Amoeba cucumis GLÄSER — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
6.		« diploidea HARTM. & NEGER	S.	S.	—
7.		« guttula DUJ. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
8.		« horticola NÄGLER — — — — —	—	—	—
9.		« limax DUJ. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
10.		« lucens FRENZEL — — — — —	—	—	—
11.		« radiosa EHREB. — — — — —	—	—	—
12.		« sphaeronucleolus GREEFF	F.L.S.V.	F.L.S.	—
13.		« terricola EHREB. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.
14.		« velata PARONA — — — — —	—	—	—
15.		Arcella vulgaris EHREB. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.
16.		Diffugia globulosa EHREB. — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
17.		« lucida PÉNARD — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
18.		Englypha tuberculata DUJ. — — — — —	—	—	—
19.		« sp. ? — — — — —	—	—	—
20.		Geococcus vulgaris FRANCÉ — — — — —	L.S.	S.	L.S.
21.		Parmulina obtecta GRUBER — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—
22.	Ciliata	Balantiophorus elongatus SCHEW	F.S.	F.L.S.	F.L.
23.		Colpidium colpoda STEIN — — — — —	L.	L.	—
24.		Colpoda steini MAUPAS — — — — —	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.S.
25.		Euplotes charon O. F. MÜLL. — — — — —	F.	F.L.	—
26.		Glaucoma scintillans EHREB. — — — — —	F.L.	F.L.	F.

F.=főiskolai lácosban. L.=ágfalvi lácosban.  
F.=Fichtenwald im bot. Garten an der Hochschule. L.=Fichtenwald in Ágfalva.

Tabelle VI.

*tozoa-faunájának megoszlása erdőtípusok és hónapok szerint.  
Arten nach Jahreszeiten und Waldtypen.*

M o n a t e								
Febr.	Márc.	Április	Május	Június	Július	Aug.	Szept.	Okt.
P.V.	F.L.V.	V.	—	—	—	—	F.S.V.	F.L.S.V.
—	P.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.V.	F.L.S.V.	—	—	—
P.V.	F.L.S.V.	S.V.	—	—	L.V.	—	—	L.S.
—	—	P.V.	F.S.V.	P.	—	—	—	—
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.S.V.	V.	—	—	—	—	F.S.
—	—	F.L.	—	—	—	—	F.L.S.	L.S.
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	—	F.	F.L.S.V.
—	F.	—	F.	F.	—	—	—	—
F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
—	—	S.	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	V.
—	—	—	—	—	—	—	F.L.	F.L.S.V.
F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	F.L.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
—	—	P.V.	F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.	—	L.S.	—
F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.S.	F.S.	L.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.L.S.V.	F.S.	F.S.	L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.L.S.	F.S.	F.L.S.V.	S.	S.	—	—	P.	F.L.S.V.
F.	F.L.	F.L.	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	S.	—
—	L.S.	L.	L.S.	—	—	—	—	L.S.
—	F.L.	F.L.S.	F.L.S.V.	F.L.S.V.	F.L.S.	—	F.L.S.	F.L.S.V.
F.S.	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	F.L.	S.	—	—	—	—	V.
F.L.S.V.	F.L.S.	F.S.	F.S.	S.	F.L.S.	—	F.L.	F.L.S.V.
—	—	—	—	—	—	—	F.	F.V.
—	—	—	—	—	—	—	S.	F.L.S.

S. = ágfalvi sarjerdőben. V. = várasi lúcosban.

S. = Niederwald in Ágfalva. V. = Fichtenwald am Váris bei Sopron.

Egyes fajoknak az előfordulása az erdőtalajban érdekes és feltűnő jelenség. Így például az *Amoeba lucens Frenzel*-nek a talajban való előfordulására eddig sehol sem találtunk adatokat. A főiskolai lúcosban az *Amoeba horticola Nägler*-nek előfordulása nem feltűnő, mert mindenütt megművelt területek és kertek veszik körül.

Az egyes fajokra vonatkozó biológiai megfigyeléseinket — minthogy ezeknek közlése túlságosan a részletekbe vezetne — itt nem soroljuk fel.

### Az eredmények összefoglalása.

1. Az erdőtalajban nagymennyiségű protozoa él, amelynek száma azonban jóval alatta marad a kerti és mezőgazdaságilag megművelt talajok protozoaszámának.

2. A protozoák legnagyobb tömegét az *Amoebák* adják, amelyek a talaj rögjeihez tapadva a rögöket átítató nedvesség felhasználásával folytatják életüket és mozgásukat.

3. Ezek a protozoák a CUTLER-féle hígításos eljárással jól kitenyészthetők és így ez az eljárás jó eredményt ad a talaj egy bizonyos mennyiségében előforduló protozoáknak és különösen az *Amoebáknak* quantitativ számáról. A qualitativ (faji) meghatározás szintén megfelelően lehetséges ennek a módszernek az alkalmazásával.

4. Az erdőtalajban a protozoák két időszakban érnek el egy-egy számbeli maximumot: az egyik késő ősszel (nov., dec.), a másik pedig a nyári hónapok elején áll be. Ez utóbbi maximum azonban nem annyira kifejezett, mint az első.

5. A maximum elérésében — valószínűleg — mint legfontosabb faktor a talajnedvesség szerepel. Semmi egyéb anorganikus faktor (hidrogénion-töménység, talajhőmérséklet, humusztartalom, levegőnedvesség stb.) nincsen akkora befolyással a protozoák életére, mint a csapadékmennyiség, illetőleg a talajnedvesség elegendősége és állandósága.

6. Feltűnő az aktív protozoák hiánya egyes nyári hónapokban.

7. Az erdőtalajban a protozoák nagy mennyisége betokozódott állapotban található meg.



8. Az erdőtalajban a legfontosabb szereppel a baktériumok rendelkeznek.

9. *A talajbaktériumok és talajprotozoák életjelenségei között látszólag nincsen semmi összefüggés.*

10. Táplálkozásukra a talajprotozoák felhasználják a különböző baktériumokat, de előfordul közöttük a kannibáлизmus jelensége is.

11. A talajprotozoák egy része az egész éven keresztül megtalálható és kitenyészthető. Vannak azonban olyan fajok, melyek a talaj biocönosisában csak elvétve, vagy pedig meghatározott évszakban lépnek fel.

12. A talaj protozoa-faunáját tekintve nagy különbséget nem lehet tenni a fenyőerdő és lomberdő talaja között. Úgy látszik azonban, hogy a lomberdő talaja gazdagabb protozoa-fajokban.

13. A fiatal erdő talaja azonban lényegesen különbözik az öreg fákkal benőtt erdő talajától, ami természetesen a talajprotozoákat és ezek életét illeti.

14. Az erdőtalaj — úgy látszik — szegényebb protozoa-fajokban, mint a kertek és mezők talaja.

15. *Amint ezek a vizsgálatok mutatják, a baktériumok életjelenségei a talaj- és léghőmérséklettel, továbbá a fényintenzitással szoros összefüggésben állanak.*

16. A talajbaktériumok fejlődési optimumukat a nyári hónapokban éri el, míg számuknak minimális értékei a 15. pontban említett klímafaktorok minimumaival esnek egybe.

### Irodalom. — Literatur.

I. Dr. FEHER: Untersuchungen über die Kohlensäureernährung des Waldes. Vorläufige Mitteilung. (Biochemische Zeitschrift 1927. Bd. 180, Heft 1—3.)

Dr. FEHER: Untersuchungen über die Kohlenstoffernährung des Waldes. (Flora [Allg. Bot. Zeitung] Bd. 121. Seite 316—333, 1927.)

Dr. FEHER: Vizsgálatok az erdő  $CO_2$ -táplálkozásáról. (A M. Tud. Akad. Mat. és Természettudományi Értesítője XLIV. kötet, 321—329. oldal, Budapest, 1927.)

BOKOR: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926, 1—2. füzet.)

BOKOR: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift 1927, Bd. 181, Heft 4—6.)

Dr. FEHÉR: Néhány megjegyzés a «Vizsgálatok az erdőtalaj életét befolyásoló élettani tényezők biofizikai, biochemiai és bakteriológiai kölcsönhatásáról» c. értekezéshez. (Erdészeti Kísérletek 1927, 3—4.)

Dr. FEHÉR-SOMMER: Vizsgálatok az erdőtalaj lélekzéséről, különös tekintettel annak az erdő életében elfoglalt biológiai szerepére és gazdasági jelentőségére. (Bemutatva a M. Tudom. Akadémia III. osztályának 1928 április 23-án tartott ülésén.)

D. FEHÉR und G. SOMMER: Untersuchungen über die biologische und forstwirtschaftliche Bedeutung der  $CO_2$ -Atmung der Waldböden. (Vorgelegt der III. Klasse der Ung. Akademie der Wissenschaften am 23. April 1928.)

II. DOFLEIN-REICHENOV: Lehrbuch der Protozoenkunde. (5. Auflage. Jena, 1928. G. Fischer.)

EYFERTH-SCHOENICHEN: Einfachste Lebensformen des Tier- und Pflanzenreiches. I., II. Bd., 5. Aufl. 1928.

SANDON, H.: The Composition and Distribution of the Protozoan Fauna of the Soil. (London, 1927, Oliver and Boyd.)

SEVERTZOVA, L. B.: The food Requirement of soil Amoebae with Reference to their Interrelation with soil Bacteria and soil Fungi. (Centralblatt f. Bakt. Parasit. u. Inf., Abt. II, Bd. 73, p. 162, 1928.)

WINOGRADOW, THAIS FEDOROWA: Amöbenzucht auf dem Azotobacter chroococcum. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 72, p. 374, 1927.)

WINOGRADOW, THAIS FEDOROWA: Beiträge zur Frage der Wirkung der Bodenamöben auf das Wachstum und die Entwicklung des Azotobacter chroococcum unter Versuchsbedingungen auf sterilem Boden. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 74, p. 14., 1928.)

YAKIMOFF-ZÉRÈN: Contribution à l'étude des protozoaires des sols de Russie. 2<sup>me</sup> comm.: Les protozoaires du sol du Turkestan. (Centralbl. f. Bakt. Parasit. u. Inf. Abt. II, Bd. 67, p. 16, 1926.)

III. CUTLER: A method for estimating the number of active protozoa in the soil. (Journal of Agricultural Science, 10, p. 135—143, 1920.)

IV. BOKOR: Ein Beitrag zur Mikrobiologie des Waldbodens. (Biochemische Zeitschrift 1927, Bd. 181, Heft 4—6.)

BOKOR: Vizsgálatok az erdőtalaj mikroflórájáról. (Erdészeti Kísérletek, 1926. 1—2. füzet.)

V. WAKSMAN, SELMAN A.: Principles of Soil Microbiology. Baltimore, 1927.

WAKSMAN, SELMAN A.: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. Abderhalden's Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. (Abt. XI, Teil 3, p. 715—864, 1926.)

VI. MISLOWITZER, ERNST: Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration von Flüssigkeiten. Berlin, 1928.

VII. EDER: Abderhalden's Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. II, Teil 1, 1926.

VIII. VÁGI ISTVÁN: A talajtan elemei, tekintettel az erdőgazdaságra. Sopron, 1927.

IX. WIESMANN: Agrikulturchemisches Praktikum. 1926.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 nov. 12-én tartott üléséből.)

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE PROTOZOEN- FAUNA DES WALDBODENS.

(Aus dem mikrobiologischen Laboratorium des botanischen Institutes der  
Hochschule für Berg- und Forstingenieure.)

Von D. FEHÉR und L. VARGA.

## Einleitung.

Die mikrobiologischen Untersuchungen der letzten Jahre haben die grosse Bedeutung der biologischen Vorgänge im Boden erwiesen. Diese Vorgänge sind besonders wichtig für die Entwicklung der Waldbestände, welche ihre Nahrung aus dem Boden fast ausschliesslich im Wege der organischen Zersetzungsprozesse erhalten. Trotz der ausgedehnten Untersuchungen auf diesem Gebiete seitens der landwirtschaftlichen Forschungstätigkeit, wurde dieses Problem auf dem forstwirtschaftlichen Gebiete noch wenig bearbeitet.

In unserem Institute befassen wir uns seit 1923 mit der Erforschung der Biologie des Waldbodens. Nachdem es uns gelungen ist, einige wichtige Gesetzmässigkeiten des Verhaltens der Mikroflora im Waldboden aufzuklären, haben wir uns entschlossen, nun auch die Biologie der Fauna des Waldbodens in Angriff zu nehmen. Zu diesem Zwecke war der erste Schritt die Untersuchung der Protozoenfauna und ihrer Tätigkeit im Waldboden.

Der Zweck unserer Untersuchungen war nun zunächst die Anzahl der Protozoen festzustellen und weiterhin jene organischen und anorganischen Faktoren, welche diese beeinflussen, zu untersuchen. Der Waldboden selbst kann ja als ein besonderer Lebensraum (Biotop) aufgefasst werden, in welchem die Gesamtheit der

dort vorhandenen Lebewesen (Biozönose) sich gegenseitig beeinflussen.

Wir haben im Laufe unserer Untersuchungen getrachtet, die Biologie der Bodenprotozoen im Zusammenhang mit den sie beeinflussenden physikalischen und chemischen Umweltfaktoren quantitativ durch eine längere Beobachtungsperiode zu untersuchen. Wir haben hauptsächlich die quantitative Analyse der Bodenprotozoen vor Augen gehalten und war daher das individuelle und spezielle Vorkommen der einzelnen Arten nur von sekundärer Bedeutung. Wir sind nämlich der Ansicht, dass die Protozoen in dem Boden hauptsächlich durch ihre Masse wirken und infolgedessen wird nun hauptsächlich die quantitative Analyse ihren Zusammenhang mit dem Waldleben aufklären.

### Untersuchungsmethodik.

Die Untersuchung der Bodenprotozoen ist mit Schwierigkeiten verbunden. Wir haben nach kritischer und praktischer Prüfung der Frage die Verdünnungsmethode als unserem Zwecke am besten entsprechendes Verfahren gewählt. Dieses Verfahren, welches namentlich von CUTLER sehr gut ausgearbeitet wurde, ist in der Literatur allgemein bekannt, so dass wir hier nur auf die einschlägige Literatur hinweisen.

### Kurze Beschreibung der Versuchswälder.

#### 1. *Fichtenwald im botanischen Garten der Hochschule.*

Alter: 50 Jahre, auf Lehmboden, mit reichlichen Bodenpflanzen.

Bodenpflanzen: *Ligustrum vulgare* L., *Sambucus nigra* L., *Berberis vulgaris* L. zerstreut, *Hedera helix* L., *Rubus idaeus* L., *Galeopsis pubescens* Bess., *Viola silvestris* LAM., *Lysimachia nummularia* L., *Brachypodium silvaticum* (Huds) R. et Sch., *Ajuga reptans* L., *Fragaria vesca* L., *Epilobium montanum* L., *Convallaria majalis* L., *Mnium undulatum* (L.) Neck., *Fissidens taxifolius*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Abb. 1 und Tabelle 1.

#### 2. *Fichtenwald in Ägfulva, Forstverwaltung der Hochschule.*

Betriebsklasse: J, Distrikt: I, Unterabteilung: 12, Standortsklasse II., Höhe: 400 m ü. d. M. Frischer, sandiger Lehmboden, liegt auf Schotter. Alter 24 Jahre, Bestandschluss 0.1. Mischungsverhältnis 0.5 Fichte (*Picea*

excelsa LAM. et DC. LK.), 0·1 Schwarzkiefer (*Pinus nigra* Arn.), 0·1 Lärche (*Larix decidua* MILL.), 0·3 Weissbuche (*Carpinus betulus* L.) und Pappel (*Populus tremula* L.).

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Cyclamen europæum* L., *Brachypodium silvaticum* (HUDS.) R. et SCH., *Viola silvestris* LAM., *Convallaria majalis* L. und Moose.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Abb. 2 und Tabelle 2.

### 3. Unterbauter Niederwald in Ágfalva, Forstverwaltung der Hochschule.

Betriebsklasse: II, Distrikt: II., Unterabteilung: 22, Standortsklasse: II., Fläche: 1 kat. Joch, Alter 7 Jahre, Höhe: 360 m ü. d. M. Frischer, sandiger Lehm Boden, Untergrund an dem nördlichen Teil Schotter und an dem südlichen Teil Schiefer und Gneis. Mischungsverhältnis 0·5 Fichte (*Picea excelsa* LAM. et DC. (Lk.), 0·3 Tanne (*Abies alba* MILL.), 0·1 Lärche (*Larix decidua* MILL.). Den Niederwald bilden 0·2 Sprossen von *Carpinus betulus*, zerstreut einige *Castanea sativa* Mill. und *Fagus silvatica* L.

Bodenpflanzen: *Corylus avellana* L., *Genista germanica* L., *Genista pilosa* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula nemorosa* (POHL) E. MEY., *Festuca ovina* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Convallaria majalis* L., *Galium silvaticum* L., *Fragaria vesca* L., *Melampyrum pratense* L., *Melampyrum nemorosum* L., *Peltigera canina*.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Abb. 3 und Tabelle 3.

### 4. Fichtenwald am Váris bei Sopron.

Alter: 49 Jahre. Lehm Boden auf Gneis. Höhe: 250–260 m ü. d. M. Mischungsverhältnis 0·7 Fichte (*Picea excelsa* LAM. et DC. (Lk.), 0·3 Lärche (*Larix decidua* MILL.). In der Nähe unseres Arbeitsplatzes haben wir folgende Moose gefunden: *Scleropodium purum* (L.) LIMBR., *Mnium undulatum* (L.) NECK., *Mnium punctatum* (L.) REICH.

Die Resultate der Untersuchungen zeigen Abb. 4 und Tabelle 4.

Bei dieser Versuchsparzelle haben wir wegen Zeitmangel nur die Bodenprotozoen und die wichtigsten Klimafaktoren gemessen.

## Zusammenfassung der Resultate.

1. Im Waldboden leben Protozoen in ziemlich grosser Anzahl, welche letztere jedoch im Verhältnis zur Protozoenfauna der landwirtschaftlich bebauten Böden gering ist.

2. Den grössten Teil der Protozoenfauna des Waldbodens bilden die Rhizopoden und von diesen die Amöben.

3. Die Protozoen des Waldbodens können mit der Verdünnungsmethode von CUTLER gut gezüchtet und nachgewiesen werden. Diese Methode liefert bei der quantitativen Untersuchung der Protozoenfauna befriedigende Resultate.

4. Die Protozoen des Waldbodens erreichen jährlich zwei Wachstumsoptima. Das eine im Spätherbst (November, Dezember), das andere am Anfang des Sommers. Dieses letztere ist jedoch weniger deutlich als das vorige.

5. In der Entwicklung der Protozoenfauna des Waldbodens spielt die wichtigste Rolle die Bodenfeuchtigkeit. Die anderen Faktoren (Bodentemperatur, Lufttemperatur, Humusgehalt, *ph*, Luftfeuchtigkeit) spielen eine untergeordnete Rolle. Nur die niedrigen Temperaturen während des Winters wirken stark hemmend.

6. Auffallend ist das Fehlen der aktiven Formen in einigen Sommermonaten.

7. Im Waldboden befindet sich die grösste Anzahl der Protozoen in einzystiertem Zustande.

8. Im Waldboden spielen die Bodenbakterien für die Ernährung des Waldes eine viel grössere und wichtigere Rolle, als die Protozoen.

9. Zwischen den Bodenbakterien und Bodenprotozoen konnte kein unmittelbarer Zusammenhang nachgewiesen werden.

10. Die Protozoen ernähren sich grösstenteils mit Bakterien, es konnte jedoch auch vereinzelt Kannibalismus nachgewiesen werden.

11. Den grössten Teil der Bodenprotozoen kann man durch das ganze Jahr auffinden und beobachten. Es gibt aber auch Arten die nur sporadisch oder nur in gewissen Jahreszeiten auftreten.

12. Bezüglich der Protozoenfauna konnten wir vorläufig keinen ausgeprägten Unterschied zwischen Nadelwäldern und Laubwäldern finden.

13. Die Boden der Kahlschläge zeigt jedoch ganz deutliche Unterschiede bezüglich der Lebenstätigkeit der Bodenprotozoen. Infolge des mangelnden Schutzes durch den Bestandesschluss wirkt der Kahlschlag ungünstig.

14. Die Protozoenfauna des Waldbodens ist auch an Arten ärmer, als der landwirtschaftlich bebaute Boden.

15. Die Anzahl der Bakterien erreicht ihren Höhenpunkt im Waldboden in den Sommermonaten und ihr Minimum fällt mit demjenigen der Boden- und Lufttemperatur, sowie der Lichtintensität zusammen.

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften den 12. November 1928.)



## KENYÉRKÉRGÜ ANDEZITBOMBA TUSNÁDFÜRDŐRŐL.

ZSIVNY VIKTOR-tól.

A tágabb értelemben vett <sup>1</sup> Hargita hatalmas vulkáni láncolata, melynek részei a Kelemen-havasok, Görgényi-havasok, a tulajdonképpeni Hargita, a Kakukhegy csoportja és a Büdös-hegytömsz, Európának legnagyobb andezitterülete. Az Erdélyi-Medence keleti szélén emelkedik s azt a székelyföldi, nevezetesen a Gyergyói-, Felcsiki- és Alcsiki-Medencéktől rekeszti el. Kitérőse a neogénben történt <sup>2</sup> az Erdélyi-Medence nyugodtan fekvő rétegein keresztül támadt repedésen. <sup>3</sup> A posztvulkáni működés utolsó szakaszának jelenségei ma is észlelhetők eme hegységben, amiről legszembeötlőbben a Büdös-hegytömszben levő torjai Büdösbarlang szénsavas és kénhidrogénes exhalációja tanuskodik.

Eme területen lezajlott hatalmas vulkáni működésnek dokumentumai közé tartoznak ama vulkáni bombák is, melyek a hegység délkeleti végében fekvő Tusnádfürdő környékén találhatók. ZIMÁNYI KÁROLY e fürdő mellett, a Tusnád falu felé vezető országút melletti hegyoldalba, az andezit agyagos bomlási termékéből gyűjtött belőlük.

A következőkben egy SEMSEY ANDOR által a M. N. Múzeum ásvány-öslénytárának ajándékozott, innen származó kenyérkérgű andezitbombát ismertetek.

---

<sup>1</sup> JANKÓ J.: Magyarország hegyvidékeinek csoportosítása (Budapest, 1891), 34.

<sup>2</sup> HERBICH F.: A Székelyföld földtani és öslénytani leírása. A m. kir. földtani intézet Évkönyve, 5 (1878), 251.

<sup>3</sup> LÓCZY L.: A magyar szent korona országainak földrajzi, társadalomtudományi, közművelődési és közgazdasági leírása (Budapest, 1918), 36, 65.

Méretei  $20 \times 14 \times 11$  cm, alakja aszimmetrikus háromoldalú meredek pyramis, melynek egyik oldaléle le van vágva (1. ábra, a természetes nagyság 1:1-ében). Két oldallapja és az alaplap convex, míg a harmadik oldallap kissé concav s valószínűleg nem is természetes felület. Felületén a kenyérgérgű bombákat jellemző repedések észlelhetők, melyek mélysége csaknem 3 cm-t, szélessége 1 cm-t is elér.

**Makroszkópos** szemléletnél az alapanyagja sötétszürke színű, viaszfényű, tömött s teljesen homogénnek látszó, elegyrészei nem ismerhetők fel. Porfírosan kivált elegyrészekként igen változatos nagyságban megjelenő földpát, amfibol, továbbá csillám figyelhető meg. Az olykor 4 mm-t is elérő nagyobb földpátkristályok gyakran elváltozást mutatnak s ezzel kapcsolatban repedések, üregesek. A földpát üde kristályai többé-kevésbé üvegesek és szintelenek. Az amfibol sötétzöldnek látszó léceket képez, a csillám sötétbarna hatoldalú táblákban jelenik meg.

A **mikroszkópi** vizsgálatot a következőkben foglalhatom össze. A kőzet *struktúrája* hypokristályosan porfíros és pedig közép—apróporfíros. Az *alapanyag*, mely gyengén fluidális szerkezetet mutat, kisebb ( $14.5 \times$ ) nagyítás mellett világosbarna színű; keresztezett Nicolok között és erősebb nagyításnál főleg  $0.0015$  mm-nél vékonyabb szálas mikrolitek üveggel átitatott nemezserű halmazának mutatkozik s alkotórészei még  $760 \times$  nagyításnál sem látszanak élesen individualizálva; földpát és amfibol ismerhető fel benne. Átmenetet képez a tisztán üveges alapanyaghoz. A *porfírosan kivált elegyrészek* közül földpát, amfibol, szintelen monoklin pyroxén, biotit, apatit és két víztizsta, pontosan meg nem határozható ásvány ismerhetők fel, melyek az utoljára említett két ásvány kivételével, a magmatikus korrozió okozta elváltozásoktól eltekintve, mindig *idiomorfok*, továbbá ércek, melyek kristálylapok nélkül görbe körvonallú foltochkákban jelennek meg. A földpát és az amfibol egyenlő nagyságrendű mennyiségben észlelhetők, míg a csillám és apatit ritkábbak, a két víztizsta ásvány és a szintelen monoklin pyroxén csak elvétve figyelhetők meg. A porfírosan kivált elegyrészekről a következőket jegyezhetem meg:

A *földpátok plagioklászok*; metszeteik  $0.05$  mm hosszúság-

és 0.01 mm szélességtől fent megadott méretig minden nagyságban megfigyelhetők. Gyakran egyszerű vagy polyszintetikus ikerképződést, valamint zónás szerkezetet mutatnak.

A földpátocon észlelt ikertörvényeket és kémiai összetételüket, melyeket legnagyobbbrészt a Fedoroff-módszerrel állapítottam meg, az 1. táblázatban tüntettem fel.<sup>1</sup>

1. Táblázat.

Kristály sorzáma	Méret $m_m$ -ben		Észlelt ikrek	Anortit-tartalom mol. %-ban
1.	—		Albit-Ala B complex	körülbelül 43
2.	—	erősen zónás	Ala A	(belső) I. zóna : kb. 50 II. « 47—48 III. « 42 43 IV. « kb. 33 ↓ (külső) V. « « 41
3.	—		Albit, Periklin vagy Aclin A	48
4.	0.27×0.29	gyengén zónás	Albit, Manebach	47 <sup>3</sup>
5. <sup>4</sup>	0.8×0.7	—	Albit, Periklin vagy Aclin A	48
6.	0.051×0.096	—	Albit-Karlsbad A complex	48
7.	0.28×0.54	—	Karlsbad A	47
8.	—	gyengén zónás	Karlsbad A	47 <sup>3</sup>
9.	0.088×0.219	zónás	Karlsbad A, Albit-Ala B complex	(belső) I. zóna : 42 II. « 46 ↓ (külső) III. « közel 42
10.	—	—	Albit, Periklin vagy Aclin A	44
11.	—	—	Albit, Periklin vagy Aclin A	51

<sup>1</sup> Eme módszerrel nyert adatok interpretálására a DUPARC-REINHARD-féle diagramm szolgált (La détermination des plagioclases dans les coupes minces, Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle 40, fasc. 1, Pl. 9, [Genève, 1924] és Les méthodes de Fedorof et leur application à la détermination des plagioclases, Bulletin Suisse de Minéralogie et Péetrographie, III, Pl. I. [1923]).

A <sup>2</sup>, <sup>3</sup> és <sup>4</sup> sz. jegyzeteket lásd a túloldalon.

Kristály sorszáma	Méret $\mu\text{m}$ -ben		Észlelt ikrek	Anortit-tartalom mol. %-ban
12.	—	zónás	Albit	(belső) I. zóna : 46 ↓ II. « — (külső) III. « 46
13. <sup>5</sup>	1.5×1.5	—	Albit, Periklin vagy Aclin A, Periklin vagy Aclin A	45
14.	—	zónás	egyszerű kristály	(belső) I. zóna : 50 ↓ II. « 45 (legkülső, perem) III. « 37 } 44 <sup>2</sup>
15.	0.01×0.005	—	egyszerű kristály	48
16.	—	—	Periklin vagy Aclin A	44
17.	1.2×1.2	—	Albit	44
18.	0.075×0.12	—	Periklin vagy Aclin A	40
19.	—	gyengén zónás	egyszerű kristály	43 <sup>3</sup>
20.	—	zónás	egyszerű kristály	(belső) I. zóna : 39 ↓ II. « 42 III. « 44 $\frac{1}{2}$ IV. « 39 V. « 41 (külső) VI. « 37 } 40 $\frac{1}{2}$ <sup>2</sup>
21.	—	zónás	egyszerű kristály	(belső) I. zóna : 47 II. « 44 $\frac{1}{2}$ III. « 40 IV. « 33 $\frac{1}{2}$ } 41 <sup>2</sup>

<sup>2</sup> A középérték kiszámításánál az egyes zónák különböző tömegére nem voltam tekintettel és így a megadott érték nem mutatja a kristály közepes anortit-tartalmát, hanem csupán a zónák anortit-tartalma értékeinek közepét adja meg.

<sup>3</sup> Emez esetekben, midőn t. i. a zónák optikai orientációja egymáshoz igen közelálló volt, illetőleg szélességük oly kicsiny volt, hogy külön-külön mérésük nem sikerült — a közepes elosztódásra történt a beállítás.

<sup>4</sup> Lásd a 3. ábrát.  
<sup>5</sup> « a 4. «

Az ábrák csak vázlatosak ; a kristályok belsejének nagyrészt kitöltő üvegzárványok feltüntetése az áttekinthetőség kedvéért elmaradt.

Mint eme táblázatból kitűnik, a pontosan megvizsgált<sup>1</sup> 21 kristálnál az egyes kristályok összetétele, illetőleg közepes összetétele<sup>2</sup> 40—51 mol. % An-ig változik, a leggyakoribb anortit-tartalom 47—48% körüli, míg átlagos anortit-tartalmuk 44,8%. E szerint kőzetünk földpátjai az *andezin* és *labradorit* sorozat határára tehetők.



1. ábra.

A *zónás* szerkezetű plagioklászoknál a bázicitás a magtól a szél felé csökken vagy növekszik, néha rekurrens módon is. A 2. számú kristály esetében a zónák anortit-tartalma 33% és 50% határok közé esik.

Az észlelt ikertörvények gyakoriságát a következő táblázat mutatja:

<sup>1</sup> A tájékoztatólag megvizsgáltakat is beleszámítva 33 a megvizsgált kristályok száma.

<sup>2</sup> Lásd az előbbi oldal 3. megjegyzését.

Albit	Periklin vagy Aclin A	Karls- bad A	Albit-Ala B complex	Albit-Karlsbad A complex	Ala A	Manebach
8	8	3	2	1	1	1

Mivel az Ala A és az Albit-Ala B complex kevésbé gyakoriak, jelenlétük igazolására a 2. táblázatban az 1. és 2. számú kristályokra vonatkozólag az ikersík és az ikertengely sphaerikus koordinátáit közlöm a megfelelő összetétellel együtt: <sup>1</sup>

## 2. táblázat.

## 1. sz. kristály:

	$n_g$	$n_p$	$n_m$				
$P_{1-2}$ (1)	$-29\frac{1}{2}$	84	$61\frac{1}{2}$	(010)	kb. 46 %	An	} kb. 43 % An.
$A_{1-2}$	60	83	29	$\frac{\perp [100]}{(010)}$	" 39 %	"	

## 2. sz. kristály:

	$n_g$	$n_p$	$n_m$				
I. zóna	$P_{1-2}$ (1)	$-54$	$-69\frac{1}{2}$	42	(001)	kb. 50 %	An
	$A_{1-2}$	$\mp 87\frac{1}{2}$	$24\frac{1}{2}$	$66\frac{1}{2}$	[100]	" 50 %	"
V. zóna	$P_{1-2}$ (1)	$-50\frac{1}{2}$	$-79$	42	(001)	" 43 %	"
	$A_{1-2}$	$\mp 86\frac{1}{2}$	12	$79\frac{1}{2}$	[100]	" 40 %	"
							kb. 41 % An.

<sup>1</sup> A jelzésekre és az előjelre vonatkozólag lásd: M. GYSIN: Sur la présence de la macle de l'acline A dans les plagioclases, Bulletin Suisse de Minéralogie et Pétrographie, V, 129—131 [1925]; eltérés csak annyiban, hogy a főreztégírányok megjelölésére GYSIN  $N_g$ ,  $N_p$ ,  $N_m$ -je helyett a szokásosabb  $n_g$ ,  $n_p$ ,  $n_m$  jelzést használok. A szövegben használt francia jelzés-módot a némettel összehasonlítva:

francia	német
$n_g$	$\gamma$
$n_p$	$\alpha$
$n_m$	$\beta$

<sup>2</sup> Az ikersík és az ikertengelyből kiadódó értékek (46 ill. 39%) ugyan nem jól egyeznek egymással, de annyi mégis kétségtelen, hogy az Albit-Ala B complex-szel állunk szemben. A NIKITIN-féle diagr. használatánál a megegyezés kifogástalan: (010) : 43%,  $\frac{\perp [100]}{(010)}$  : 43%.

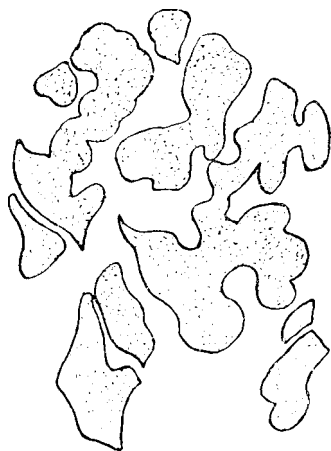


A nagyobbak ritka kivétellel sok üvegzárványt tartalmaznak, melyek egymással részben összefügghetnek; utóbbi esetben a kristály belsejét teljesen kitöltő, kitágulásokat és elszűküléseket mutató tömlőhálózatot képeznek. A nagyobb kristályokon gyakran erős magmatikus korróziót észlelhetünk. Ha az említett üvegzárványokban dús kristályok polyederes körvonalait a magmatikus korrózió teljesen eltünteti, úgy a metszet síkjában többé-kevésbé összefüggéstelen, az üvegtömlők által egymástól elválasztott dudoros részecskékből álló roncs marad meg csupán a kristályokból (2. ábra), mely gyakran az agyvelő tekervényeihez hasonló rajzot mutat.

Zárványként ritkán még amfibolt és biotitot is észleltem a plagioklászban. Elváltozott földpátot a csiszolatban nem látni, mert a csiszolásnál kihullanak.

Az *amfibol* prizmás kifejlődésű; oszlopai 1-2 ezred mm keresztmetszet mérettől és 1-2 mm prizmahosszúságtól kezdődőleg  $0.7 \times 0.3$  mm<sup>2</sup> keresztmetszet-dimenzióig és 1.8 mm prizmahosszúságig észlelhetők. —

Mennyisége valamivel kisebb a plagioklászénál. A prizmaöv lapjai mindig jelen vannak s gyakran terminális lapok is határolják. A megfigyelt lapok az  $\{110\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{011\}$  és  $\{\bar{1}11\}$  alakokhoz tartoznak. Ikrek ill. ikerlemezek (100) szerint gyakoriak. Kristályai olykor szabálytalan elrendezésben halmazokká nőnek össze, melyek nagysága  $1.6 \text{ mm} \times 0.8 \text{ mm}$ -t is elérhet.<sup>1</sup> E halmazok magvát néha két, egymástól eltérő optikai sajátságokat mutató ásvány képezi, melyek azonban együtt nem fordulnak elő. Határuk az amfibolok felé általában szabálytalan görbe felület és néha benyúlnak az amfibolprizmák közé.



2. ábra.

<sup>1</sup> Legnagyobb részük ama aggregációs-formát mutatja, melyet ROSEN-BÜSCH-MÜGGE (Physiographie I, 2, Taf. XV, Fig. 3. «knäuel förmig»-nek nevez.

Csak egyetlenegy kristálylapot észlelhettem az egyiken. Részletebben később szólok róluk. Egyetlenegy esetben egy amfibol kr. magvát szintelen monoklin pyroxén képezte.

Világosabb-sötétebb színű változatokban fordul elő. Színe általában zöld s határozott pleochroizmust mutat. Ezzel kapcsolatban a tengelyszínek is változók.

$n_p$  : világos szürkéssárga—sárga—sárgászöld (ritkán barnászöld),

$n_m$  : fűzöld—sötét barnászöld,

$n_g$  : világos kékeszöld—sötét kékeszöld,

vagyis általában véve  $n_p$  sárgás,  $n_g$  kékes árnyalatú. Abszorpció:

$$n_g > n_m > n_p.$$

Ugyanama kristály különböző részei lényegesen eltérő színintenzitást mutathatnak. A világosabb részek általában a kristály belsejében találhatók, kivételesen azonban a külső határ régió világosabb. Keresztezett Nicolok között azonos intenzitású részekben is megfigyelhető zónás szerkezet.

opt. tengelysík (010);  $n_p$  — hegyes bissektrix;

$n_g$  :  $c = 15^\circ$  körüli a tompaszögben, a kristályok színétől függetlenül;<sup>1</sup>

$$2V = 77^\circ 2$$

$$n_g - n_p = 0.0235^3$$

$$n_g - n_m = 0.0093$$

$$n_m - n_p = 0.0150.$$

Ritka zárványként plagioklász volt megfigyelhető.

A *biotit* (*Merxén*) szabályos vagy torzult hatszögű bázikus metszeteinek átmérője néhány század mm-től 1.3 mm-ig változik; a hosszmetszetek maximális hossza 1.3, maximális szélessége 0.5 mm. Üde egyéneinek kontúrjai élesek. A bázikus metszetek

<sup>1</sup> 15 meghatározás alapján.

<sup>2</sup> 4 meghatározás középértéke.

<sup>3</sup> A kettős törés nagyságára és az opt. tengelyszögre vonatkozó értékek  $n_p$  = halvány sárgászöld,  $n_m$  = zöld,  $n_g$  = kékeszöld tengelyszíneket mutató egyéneken állapítottak meg. Az elsőnek említett értékeket Babinet-féle kompenzátorral nyertem.

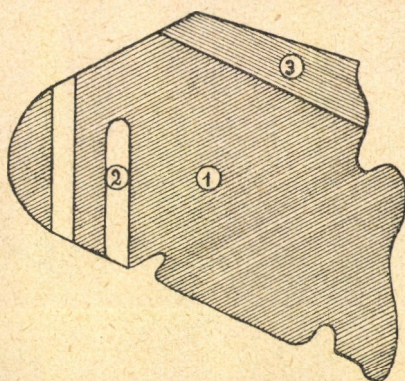


hatszöges körvonalai olykor beékelődéseket mutatnak egymáshoz képest  $60^\circ$ -kal eltérő helyzetben fekvő egyének szuperponálódása következtében. Vékonyka ikerlemezek is konstatalhatók. Abszorpció:

$$n_g = n_m > n_p.$$

$n_m$  és  $n_g$  feketésbarna—barna, sötét olajzöld,  $n_p$  világos szürkésárga.

Az optikai tengelysík  $\parallel$  (010). Az optikai tengelyszög nagysága meglehetősen változó úgy a sötétszínű, mint az említendő sárgásbarna lemezekénél.



1—2 = Periklin v. Aclin A iker.  
1—3 = Albit-iker.

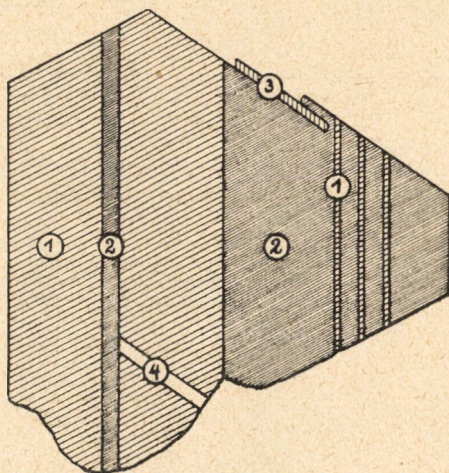
3. ábra.

Gyakoriak az (valószínűleg a vastartalom eltávolodásának jelenségét mutató) aranyárga—sárgásbarna színű bázikus metszetek; ezeknek körvonalai kevésbé élesek vagy elmosódottak s épp így az éles lemezes struktúra is elmosódottabbá lesz ezeknél; longitudinális metszeteik sokszor foszlányosak; a normális biotitnál mutatkozó  $n_p$ , illetőleg  $n_g$  és  $n_m$ -nek megfelelő abszorpció nagy különbsége szintén csökken.

A biotitlemezekéken mechanikai deformáció is észlelhető: gyakran kissé görbültek, ritkán hullámosan hajlottak. Olykor magmatikus korróziót mutatnak. Gyakoriak apatitzárványok; ritkán földpát- és amfibolzárvány is észlelhető bennük.



Az előbbieken felemlített két viztiszta ásvány közül, melyek kizárólag a fentemlített amfibol-kristályhalmazok magvát képezik, az egyiknek csak egyetlenegy, a másiknak három szemcséjét észlelhettem. Pontos identifikálásukhoz nem volt elegendő optikai, illetőleg krisztallográfiai sajátság megfigyelhető e szemcséken s így csupán az észlelt sajátságok közlésére szorítkozhatom. Mindkettőnek reliefje erősebb a csiszolat amfiboljáénál, közel áll az olivinéhoz. Ennélfogva az optikai, illetőleg a kris-



1—2 = Albit-iker.

2—3 = Periklin v. Aclin A-iker.

1—4 = „ „ „ „

4. ábra.

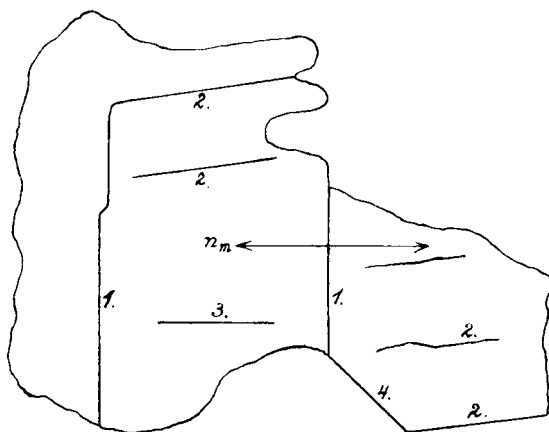
táylelemek  $h$  koordinátája<sup>1</sup> értékének redukciójánál<sup>2</sup> közelítő törésmutatójuk gyanánt 1·68-at vettem.

Az elsőnek említetténél, melynek méretei 0·61 mm × 0·40 mm voltak, háromféle hasadást figyelhettem meg: 1., 2., 3. lapok szerint, továbbá egy kristálylapot 4. (5. ábra).<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DUPARC-REINHARD: La déterm. des plagioclases etc., 73.

<sup>2</sup> W. W. NIKITIN: La méthode universelle de Fedoroff, Traduction française par L. Duparc et V. de Dervies (Genève 1914), I, 147—150.

<sup>3</sup> Az ábra a szemcsének csupán egy részletét mutatja.



5. ábra.

Egyik hasadás sem tökéletes; 1. aránylag legjobb, 2. tökéletlen s olykor irányát kissé változtatja, de azért egy határozott főiránya állapítható meg, 3. csak nagyon rosszul volt megfigyelhető. Az észlelt lapnormális-szögek a következők:

$$\begin{aligned} 1. : 2. &= 94^\circ \\ 1. : 3. &= 89\frac{1}{2}^\circ \\ 1. : 4. &= 48^\circ \\ 2. : 4. &= 51^\circ \\ 3. : 4. &= 43^\circ, \end{aligned}$$

az optikai sajátságok:<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} n_m &\perp 1. \text{ lapra} \\ n_g : 3. &= 44\frac{1}{2}^\circ \text{ }^2 \\ \left. \begin{aligned} n_m - n_p &= 0.0194 \text{ }^3 \\ 2V &= + 84^\circ \end{aligned} \right\} \text{ emez értékekből számítva: } \begin{aligned} n_g - n_p &= 0.0433 \\ n_g - n_m &= 0.0239 \end{aligned} \end{aligned}$$

A másodikon, melynek szemcséi az előbbiénél 4—5-ször kisebbek, egy hasadás és egymással hegyes—derékszöget képező törési lapokból álló rendszert észlelhettem,

<sup>1</sup> Valamennyi érték ugyanama szemcsén végzett két meghatározás közepe.

<sup>2</sup>  $n_g$  hajlása a 3. lap normálisához.

<sup>3</sup> Berek-féle kompenzátorral meghatározva.



$$n_g - n_p = 0.0130^1$$

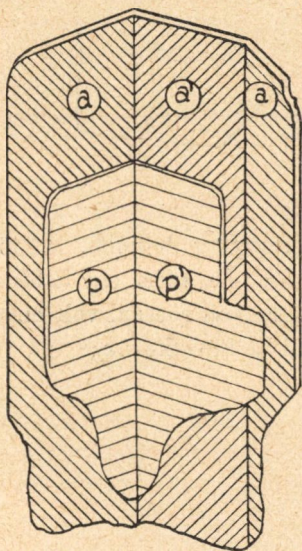
$$n_m - n_p = 0.0055^2$$

(Emez értékekből számítva  $n_g - n_m = 0.0075$ )

$$2V = +83\frac{1}{2}^\circ{}^3$$

(a főkettőtörésekből számított érték  $= +81^\circ$ ).

*Pyroxén.* Egyetlenegy esetben egy pyroxén jelenlétét is megállapíthattam kétségtelenül. Ez egy zöld amfibol ikerkristálynak [(100) szerint] ugyancsak



$a, a' =$  amfibol.  
 $p, p' =$  pyroxén.

6. ábra.

ikert képező magvát képezte (6. ábra). A mag és burok  $\parallel$  kristallográfiai orientációt (szimmetria sík és  $c$  tengely  $\parallel$ -ak) mutatott. A kristály méretei  $0.18 \text{ mm} \times 0.27 \text{ mm}$ . A szintelen, nem pleochroos magon a következő optikai tulajdonságokat konstatálhattam:

$$n_g : c = 40\frac{1}{2}^\circ \text{ a tompaszögben,}$$

optikai tengelysík (010)

$$n_g - n_p = 0.0278.$$

Emez adatok *szintelen monoklin pyroxénre* (diopszid- vagy diopszidos augitra) vallanak. A mikroszkópi kép nem vallott uralitos elváltozásra. N. H. KOLDERUP<sup>4</sup> is felemlíti augitnak nem uralitos *Hornblende*-vel való orientált körülnövést.

Az *Apatit* karsú oszlopocskái, melyek  $0.22 \text{ mm} \times 0.024 \text{ mm}$  méretet is elérnek, leggyakrabban a biotitban fordulnak elő zár-

<sup>1</sup> Egy szemcsén végzett két meghat. középértéke (BEREK-féle kompenzátorral meghatározva).

<sup>2</sup> Három szemcsén végzett négy meghat. középértéke (BEREK-féle kompenzátorral meghatározva.)

<sup>3</sup> Három szemcsén végzett négy meghat. középértéke.

<sup>4</sup> Bergens Museums Aarbock, 1924/25, Naturvid. raekke No. 1, 5 [1925].

ványként, de földpátban és a matrixban is megtalálhatók. Olykor terminális lapok s gyakran a jellegzetes harántrepedések jól megfigyelhetők rajta.

Az *Érc* kristálytani kontúrok nélkül jelenik meg, legtöbbször görbe határú kisebb-nagyobb foltocskákat képez úgy az alapanyagban, mint a fenokristályok anyagában és a nagyobb földpátok belsejét kitöltő üvegtömlőkben.

A nagyobb foltokban chalkografikus vizsgálat alapján kétféle ércet lehetett megkülönböztetni, melyek külön-külön, vagy egymás mellé növe fordulnak elő. Az egyik keményebb; erős fénye és sárgás színe *pyritre* vall. A másik lágyabb, ami jól felismerhető arról, hogy csiszolt és fényesített felülete apró *C* és *S* alakú gödröcskékkal van tele, melyeket a csiszolásnál kipattant apró részecskék hagytak vissza; gyengébb fényénél, inkább szürkés színtónusánál, valamint ama körülménynél fogva, hogy tömény sósavval egy percig maratva s a savas oldatot tárgylemezen ferri-cyánkálium kristálykával összehozva élénk TURNBULL-kékreakciót kaptam ferrovasra — *magnetit*nek kell minősíteni.<sup>1</sup>

Mindeme adatok alapján közetünk biotitban szegény *amfibol-andezit*.

Kémiai összetétele dr. Emszt KÁLMÁN elemzése szerint:

$\text{SiO}_2$	— — — — —	65.16
$\text{TiO}_2$	— — — — —	0.44
$\text{CaO}$	— — — — —	4.41
$\text{MgO}$	— — — — —	2.19
$\text{FeO}$	— — — — —	2.85
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	— — — — —	1.57
$\text{Al}_2\text{O}_3$	— — — — —	16.13
$\text{Na}_2\text{O}$	— — — — —	3.02
$\text{K}_2\text{O}$	— — — — —	2.14
$\text{SrO}$	— — — — —	0.08
$\text{H}_2\text{O}^{110-}$	— — — — —	0.19
$\text{H}_2\text{O}^{110+}$	— — — — —	1.33
		<hr/> 99.51 %

Minthogy a nagyobb földpátokon gyakori az elváltozás, az OSANN-, illetőleg a NIGGLI-értékek közlését mellőzőm.

<sup>1</sup> A chalkografikus vizsgálatnál M. GYSIN úr volt segítségemre.

Még megjegyzem, hogy az ámfibol, pyroxén, biotit és a viz-tiszta ásványszemesék optikai sajátságait legnagyobbbrészt, az optikai állandók numerikus értékeit és a kristálytani adatokat pedig kizárólag a FEDOROFF-technikával határoztam meg. Ugyancsak e technikával, nevezetesen a W. W. NIKITIN-féle módszerrel<sup>1</sup> állapítottam meg a fókettőtörések értékeinek meghatározása céljából a csiszolatok vastagságát.

A használt műszer részben egy C. LEISS (STEGLITZ)-féle theodolitmikroszkóp, részben pedig egy «nagy univerzál forgatható asztal»-al felszerelt E. LEITZ (WETZLAR)-féle CM típusú polarizációs mikroszkóp, a segmentumok törésmutatója 1·556 és 1·556, illetőleg 1·556 és 1·557 volt. A hossz mérésre objektmikrométerrel kalibrált E. LEITZ-féle csavaros okulármikrométert használtam.

A megvilágításhoz részben napfényt, részben pedig egy 100 Watt-, 110 Voltos «Osram-Nitra» izzólámpával működő LEITZ-féle «Stebe» lámpát használtam, egy hig rézgálicoldattal töltött kondenzorlombik és homályos üveglemezek közbeiktatásával.

Végül hálás köszönetemet fejezem ki L. DUPARC professzor és M. GYSIN magántanár uraknak, kik a FEDOROFF-módszerbe bevezettek s vizsgálataimban állandóan hathatósan támogattak, továbbá dr. EMSZT KÁLMAN főgeológus úrnak a közet szíves meg-elemzéséért.

A vizsgálataimnak Budapesten készült részében használt LEITZ-féle mikroszkóp a FEDOROFF-féle módszerhez szükséges mellékrészekkel együtt a «Természettudományi Alap»-ból szereztetett be.

Készült a genévi egyetem mineralógiai és petrográfiai laboratóriumában s a Magyar Nemzeti Múzeum ásvány-öslénytárában.

<sup>1</sup> W. W. NIKITIN: loc. cit. II, 350.

## ANDESITISCHE BROTKRUSTENBOMBE VON TUSNÁDFÜRDŐ.<sup>1</sup>

Von VIKTOR ZSIVNY.

Die Resultate, die der Verfasser bei der Untersuchung einer Brotkrustenbombe aus der Nähe von Tusnádfürdő im Hargita-gebirge (Siebenbürgen) erhielt, können im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

Die *Grundmasse* wird von einem mit Glas durchgetränkten Mikrolithenfilz gebildet, der hauptsächlich aus länglichen, weniger als 0·0015 mm dünnen Mikrolithen besteht, unter denen Feldspath und Amphibol erkennbar sind. *Einsprenglinge* sind Feldspath, grüner Amphibol, Biotit, Apatit, Erze, selten farbloser monokliner Pyroxen und zwei wasserklare, nicht genau identifizierbare Mineralien, die immer als Kern von Amphibol-agregaten auftreten. Vorherrschend ist der Feldspath, ihm folgt der Amphibol, alle übrige Mineralien sind von untergeordneter Menge. Die Untersuchung der Einsprenglinge erfolgte zum grössten Teile mit der FEDOROFF'schen Methode; zur Beleuchtung diente Tageslicht bzw. durch Kupfersulfatlösung filtriertes Licht einer «Osram-Nitra» Glühlampe von 100 Watt, 110 Volt. Über die Einsprenglinge kann folgendes mitgeteilt werden. Die *Feldspäthe*<sup>2</sup> sind *Plagioklase*, an denen, der Häufigkeit nach geordnet, folgende Zwillingsgesetze beobachtet werden konnten: Albit, Periklin oder Aclin A, Karlsbad A, Albit-Ala B, Albit-Karlsbad A, Ala A, Manebach. Die mittlere Zusammensetzung der einzelnen Kristalle, die oft zonaren Bau aufweisen, variiert von 40 bis 51

<sup>1</sup> Auszug des ungarischen Originales.

<sup>2</sup> Es wurden 21 Kristalle genau, zwölf bloß orientierend untersucht.

mol. % An, der häufigste Anorthitgehalt liegt um 47—48%, der durchschnittliche ist 44·8 mol %. Bei den Kristallen mit zonarem Bau kann man ebenso ein Anwachsen als ein Sinken der Basizität vom Kern nach aussen, oft mit Rekurrenz beobachten. In einem Kristalle variierte der Anorthitgehalt der Zonen von 33 bis 50 mol %. Als Einschlüsse kommen selten Amphibol und Biotit vor. Der prismatische grüne *Amphibol* zeigt bedeutenden Pleochroismus:  $n_p$  = gelbliche grüne Töne,  $n_m$  = grüne Töne,  $n_g$ <sup>1</sup> = bläuliche grüne Töne. Als seltener Einschluss konnte Plagioklas nachgewiesen werden. In einem einzigen Falle bildete den Kern eines Zwillings nach (100) ein ebenfalls nach (100) verzwillingter farbloser monokliner Pyroxen. Der *Biotit* (Meroxen) bildet schwärzlich braune — braune, tief olivengrüne respektive goldgelbe — gelblichbraune (wahrscheinlich an Eisen verarmte) sechseckige Täfelchen. Optische Achsenebene ist  $\parallel$  zu (010); die Grösse des opt. Axenwinkels ist ziemlich veränderlich. Als Einschluss konnte man oft Apatit, selten Feldspath und Amphibol beobachten. Die dünnen Prismen des *Apatits* finden sich meistens als Einschlüsse des Biotits, konnten aber auch in den Feldspäthen und in der Grundmasse beobachtet werden. In grösseren Erzflecken konnte man mit Hilfe der chalkographischen Untersuchungsmethode mit der mikrochemischen M. kombiniert, *Pyrit* und *Magnetit* nachweisen. Betreffs der Grössenverhältnisse und der optischen Konstanten der Einsprenglinge überhaupt, der detaillierten chem. Zusammensetzung und Zwillingsverhältnisse der Feldspäthe, sodann der chemischen Zusammensetzung des Gesteines verweise ich auf das ungarische Original. Da die grösseren Feldspatheinsprenglinge häufig verändert sind, wurde von der Berechnung der OSANN- bzw. NIGGLI-Werte abstandgenommen. Auf Grund der gewonnenen Resultate muss das Gestein der untersuchten Brotkrustenbombe als ein biotitarmer *Amphibolandesit* angesehen werden.

Herrn Professor Dr L. DUPARC und Herrn Privatdozenten Dr M. GYSIN, die mich mit grösster Bereitwilligkeit mit der FEDOROFF-Methode vertraut machten, sowie Herrn Chefgeologen

<sup>1</sup>  $n_g$ ,  $n_m$ ,  $n_p$  = französische Bezeichnung für  $\gamma$   $\beta$   $\alpha$ .



Dr Koloman Emszt, der die chemische Analyse des Gesteines ausführte, bin ich zum grössten Dank verpflichtet. Herr GYSIN war mir auch bei der chalkographischen Untersuchung der Erze behilflich.

Die Anschaffung des zum Gebrauch zur FEDOROFF'schen Methode ausgerüstete LERTZ'sche Mikroskop (Typ CM), das zur Ausführung meiner Untersuchungen in Budapest diente, wurde vom «Ungarischen Naturwissenschaftlichen Fond» finanziert.

Genève, min. und petrogr. Laboratorium der Universität — Budapest, Magyar Nemzeti Múzeum.

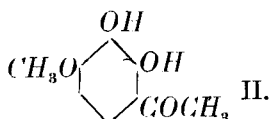
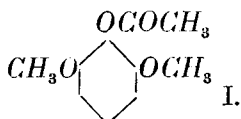
---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 8. Oktober 1928.)

## AZ ACETOSYRINGON SZINTÉZISE.<sup>1</sup>

MAUTHNER NÁNDOR-tól.

Rövid ideje, hogy közzétettem<sup>2</sup> az acetyldimethylpyrogallolnál (I) fellépő acylgyökvándorlást, amidőn az acylgyök a benzolmagba vándorol és egyidejűleg az egyik methylgyök is lehasad és monomethylgallacetophenon (II) képződik:



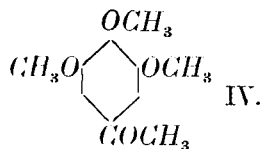
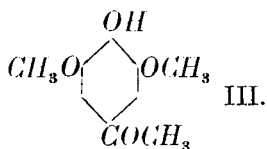
Időközben a különböző phenolok acetylszármazékain fellépő atomvándorlásról egy részletes tanulmány jelent meg ROSENMUND és SCHNURR-tól.<sup>3</sup> A fentebbi kutatók megállapítják kísérleteikből, hogy az acylgyök vándorlása kizárólag o. és p. állásba történik. Az acetyldimethylpyrogallolnál fellépő acylgyökvándorlásnak tanulmányozása kimutatta, hogy az acylgyök vándorlása egyes kivételes esetekben meta állásba is történhetik. E kutatók ajánlják, hogy oldószer gyanánt nitrobenzolt alkalmazzunk és az atomvándorlás létesítésére aluminiumkloridot találtak igen alkalmasnak. E megfigyelések alapján újabban vizsgálat tárgyává tettem, előző kísérleteimtől eltérőleg, amelyeknél az acylgyök vándorlásának kiváltására zinkkloridot alkalmaztam, a fentebbi kísérleti körülmények között. E kísérletek kimutatták, hogy az acetyldimethylpyrogallol nitrobenzolos oldata aluminiumklorid hatására az acylgyök egész más módon helyezkedik át, mint a zink-

<sup>1</sup> A Pázmány Péter tud. egyetem II. sz. vegytani intézetében készült dolgozat.

<sup>2</sup> Mat. és Természettud. Ért. XLV. kötet, 399—407 l. 1928; Journal für prakt. Chemie 118, 314 (1928).

<sup>3</sup> An. der Chemie 460, 56 (1928).

kloriddal végzett kísérleteknél. Ebben az esetben az acylgyök para állásba vándorol a hydroxylgyökhöz és 3, 5-dimethoxy



4-oxyacetophenon (III) képződik. E vegyületet röviddel ezelőtt ROBINSON és BRANDLEY <sup>1</sup> szintén előállították, egészen más úton, a syringasavból kiindulva. KARRER és WIDMER <sup>2</sup> nemrégén azt találták, hogy sok anthocyanidin a hidrolitikus széthontáskor egyik komponens gyanánt syringasavat létesít. Ez okból a 3, 5-dimethoxy 4-oxyacetophenon nagy érdekléssel bír, mert e vegyületnél a két methoxygyök és a hydroxylesoport ugyanazon állásban vannak, mint a syringasavnál és így különböző ugyanazon helyzetű substituenseket tartalmazó vegyületek szintézisére alkalmas. Ajánlom e keton célszerű elnevezésére az acetosyringon nevet. E keton szerkezetét azáltal lehetett bizonyítani, hogy a vegyületet jódmethyllel methylezve trimethylgallacetophenont (IV) létesít, amely vegyületet már régebben előállítottam <sup>3</sup> és amely vegyületnek a szerkezete a gallussavból kiinduló szintézise folytán bizonyossággal megállapított.

#### KISÉRLETI RÉSZ.

#### Acetosyringon.

A fentebbi vegyület előállításához szükséges acetyl-dimethyl-pyrogallolt a következő módon állítjuk elő: 41.6 gr dimethyl-pyrogallhoz 50 gr acetyl-kloridet adunk és az első heves reakció után még egy órahosszat hevítjük visszafolyó hűtőcsővel az olajfürdőben 80 C°-ra. Ezután a reakcióelegyet vacuumban desztilláljuk, miközben a termék 150—151 C°-on megy át 12 mm

<sup>1</sup> Journ. chem Soc. 1564 (1928).

<sup>2</sup> Helv. chim. Acta 105 (1927).

<sup>3</sup> Math. és Természettud. Ért. 29. köt. 1911. 40. lap: Journ. für prakt. Chemie 82, 275 (1910).

nyomás alatt és a szedőben szintelen kristálytömeggé dermed. Az atomvándorlás eszközlésére 20 gr acetyl-dimethylpyrogallolt feloldunk 100 gr vízmentes nitrobenzolban. Jeges vízzel való hűtés közben egy félóra lefolyása alatt hozzáadagolunk 12 gr finomra piritott aluminiumkloridet. Az oldatot jól összerázzuk és hőmérsékletét  $2-3^{\circ}\text{C}^{\circ}$  között tartjuk. A reakcióelegyet ezután 24 órahosszat közönséges hőmérsékleten állni hagyjuk. Ezután a folyadékot lassan sok jégre öntjük  $160\text{ cm}^3$  20%-os sósavval elegyítjük és 20 percig a vízfürdőn hevítjük. A lehűlt oldatot kétszer  $350\text{ cm}^3$  ætherrel kivonjuk. Az ætheres oldatot kétszer  $125\text{ cm}^3$  7%-os nátronlúggal átrázzuk, miközben a nátronlúg egy kristálytömeggé dermed. Vízet adunk hozzá, míg a kivált anyag teljesen feloldódik és hűtés közben  $80\text{ cm}^3$  20%-os sósavval megsavanyítjuk. Az oldatot kétszer  $500\text{ cm}^3$  ætherrel kivonjuk és az ætheres oldatot vízmentes nátriumsulfáttal szárítjuk. Az æther lepárlása után visszamaradó oldatot porcelláncsészébe öntjük, miközben a kristályosodás hamar megindul. Egynapi állás után az olajszerű részt leöntjük és a kristályokat agyagtányéron szárítjuk ki. Másnapig az olajszerű anyalúg beszáradt és az anyagot ekkor előbb sok ligroinból, majd még egyszer vízből kristályosítjuk át. Termelés 1.5 gr. Az így nyert terméket ezután 10 mm nyomás alatt a vacuumban desztilláljuk és ligroinból kristályosítjuk át.

3.910 mgr anyag adott: 8.800 mgr  $\text{CO}_2$ -ot és 2.215 mgr  $\text{H}_2\text{O}$ -t.

A  $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4$  képlet alapján a számított értékek:  $\text{C}=61.2\%$ ,  $\text{H}=6.1\%$ .

Kísérletileg talált értékek:  $\text{C}=61.38\%$ ,  $\text{H}=6.31\%$ .

A desztilláció útján tisztított termék  $122-123^{\circ}\text{C}^{\circ}$ -on olvad, így egynéhány fokkal magasabban, mint azt röviddel<sup>1</sup> ezelőtt az irodalomban ismertették. A vegyület könnyen oldódik alkoholban, jégcetben és benzolban. Ligroinban a termék hidegen nehezen oldódik, ellenben könnyen melegben. A vegyület tömény kénsavban sárga színnel oldódik. A termék alkoholos oldatát vasklorid zöldeskék színre festi.

A keton jellemzésére a p. nitrophenylhydrazon igen alkal-

<sup>1</sup> Loc. cit.

mas. 1 gr ketont feloldunk 20 cm<sup>3</sup> 50%-os ecetsavban és 1 gr p. nitrophenylhydrazin ecetsavas (20 cm<sup>3</sup> 50%-os) oldatát elegyítjük hozzá. Rövid hevítés után a hydrazon kiválott és további tisztítás céljából alkoholból kristályosítjuk át. A hydrazon 189—190 C°-on olvad.

4·355 mgr anyag adott: 0·5223 cm<sup>3</sup> nitrogént (21 C°, 720 mm).

A  $C_{16}H_{17}O_5N_3$  képlet alapján a számított érték:  $N=12·68$ .  
Kísérletileg talált érték:  $N=13·01\%$ .

A vegyület könnyen oldódik meleg alkoholban, jégecetben és benzolban; nehezen oldódik meleg ligroinban. A vegyület szerkezetének megállapítása céljából a terméket alkoholos-lúgos közegben jodmethyllal metiláljuk. 0·5 gr ketont feloldunk 30 cm<sup>3</sup> methylalkoholban, 10 gr jodmethylt adunk hozzá és ezután 0·2 gr káliumhydroxidet kevés methylalkoholban oldva. Az oldatot négy órahosszat visszafolyó hűtőcsővel a vízfürdön hevítjük, azután az alkoholt ledesztilláljuk, a visszamaradó terméket ætherben oldjuk és az oldatot hig nátronlúggal átrazzuk. Az æther lepárlása után visszamaradó termék összes tulajdonságaiban azonosnak bizonyult az általam 18 év előtt felfedezett<sup>2</sup> trimethylgall-acetophenonnal. 0·5 gr ketont 10 cm<sup>3</sup> 50%-os ecetsavban oldunk és 0·5 gr p. nitrophenylhydrazin ecetsavas oldatával elegyítjük. Rövid hevítés után a hydrazon kiválott és további tisztítás céljából alkoholból kristályosítjuk át.

3·480 mgr anyag adott: 0·3969 cm<sup>3</sup> nitrogént (719 mm, 20 C°).

A  $C_{17}H_{19}O_5N_3$  képlet alapján a számított érték:  $N=12·17\%$ .  
Kísérletileg talált érték:  $N=12·40\%$ .

A vegyület 195—196 C°-on olvadt, mint azt előzőleg<sup>2</sup> ismertettem. E kísérlet által bizonyossággal megállapítottam, hogy a vándorlaskor az acylgyök para állásba lépett a hydroxyl-csoportoz.

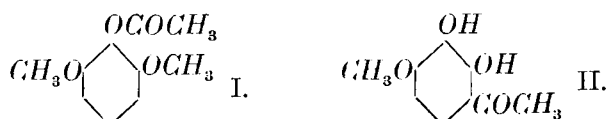
E vizsgálatot különben folytatom.

<sup>1</sup>, <sup>2</sup> Loc. cit.

# DIE SYNTHESE DES ACETOSYRINGONS.

Von F. MAUTHNER.

Vor kurzem<sup>1</sup> teilte ich eine Untersuchung über die Wanderung der Acylgruppe beim Acetyldimethylpyrogallol (I) mit, wobei unter gleichzeitiger Abspaltung einer Methylgruppe ein Monomethylgallacetophenon (II) entsteht:

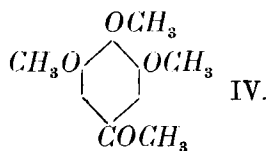
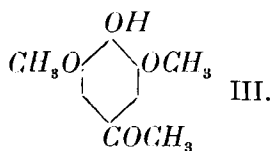


Inzwischen ist eine ausführliche Untersuchung über die Wanderung der Acylgruppe bei verschiedenen Acetylderivaten von Phenolen von ROSENMUND und SCHNURR<sup>2</sup> erschienen. Obige Forscher stellten aus ihren Versuchen fest, dass die Wanderung ausschliesslich in o. oder p. Stellung erfolgt. Die Untersuchung der Wanderung der Acylgruppe beim Acetyldimethylpyrogallol zeigte, dass die Wanderung der Acylgruppe in Ausnahmefällen auch in die Meta Stellung erfolgen kann. Diese Forscher empfehlen als Lösungsmittel Nitrobenzol und zur Einleitung der Umlagerung Aluminiumchlorid. Auf Grund dieser Beobachtungen untersuchte ich auch den Verlauf der Umlagerung des Acetyldimethylpyrogallols anstatt mittels Zinnchlorid wie früher, unter den obigen Versuchsbedingungen. Es zeigte sich, dass die Lösung des Acetyldimethylpyrogallols (I) in Nitrobenzol durch Aluminiumchlorid in ganz anderem Sinne umgelagert wird als

<sup>1</sup> Journ. für. prakt. Chemie 118, 314 (1928).

<sup>2</sup> An. der Chemie 460, 56 (1928).

durch Zinnchlorid. In diesem Falle wandert die Acylgruppe in Para Stellung zur Hydroxylgruppe und es entsteht das 3,



5-Dimethoxy 4-Oxyacetophenon, eine Verbindung, die vor kurzem auch von ROBINSON und BRANDLEY<sup>1</sup> auf ganz anderem Wege von der Syringasäure ausgehend dargestellt worden ist. KARRER und WIDMER<sup>2</sup> haben vor kurzem gefunden, dass mehrere Anthocyanidine bei der hydrolytischen Spaltung als eine Komponente Syringasäure liefern. Es ist deshalb das 3, 5-Dimethoxy 4-Oxyacetophenon von Interesse, weil es dieselben Substituenten besitzt als die Syringasäure und für die Synthese von verschiedenen Körpern mit derselben Substituentenstellung geeignet ist. Ich schlage vor, dieses Keton mit dem zweckmässigen Namen Acetosyringon (III) zu bezeichnen. Die Konstitution dieser Verbindung konnte auch mit Sicherheit bestimmt werden, indem das Keton (III) durch Alkylierung mittelst Jodmethyl das Trimethylgallacetophenon (IV) lieferte, eine Verbindung, die schon vor längerer Zeit<sup>3</sup> von mir entdeckt worden ist, und deren Konstitution durch seine aus der Gallussaure ausgehende Synthese mit Sicherheit feststeht.

<sup>1</sup> Journ. chem. Soc. 1564 (1928).

<sup>2</sup> Helv. chim. Acta 10, 5 (1927).

<sup>3</sup> Journ für prakt. Chemie 82, 275 (1910).

## VIZSGÁLATOK A $\gamma$ -RESORCYLSAVRÓL.<sup>1</sup>

MAUTHNER NÁNDOR-tól.

A  $\beta$ -resorcylsavat KOSTANECKI és TAMBOR<sup>2</sup> vizsgálatai, az  $\alpha$ -resorcylsavat pedig saját munkáim<sup>3</sup> behatóan ismertették és számos szintézis kiindulási anyagává tették; ezzel ellentétben a  $\gamma$ -resorcylsavat, nehezen hozzáférhetősége miatt, előállítása óta egyáltalán nem vizsgálták. Fokozottabb érdeklődéssel bír e vegyület, mióta egynéhány évvel ezelőtt CLEWER, GREEN és TUTIN<sup>4</sup> a természetben is mint a *Gloriosa superba* alkotórészét felismerték. A  $\gamma$ -resorcylsavat legelőször SENNHOFER és BRUNNER<sup>5</sup> kis mennyiségben mint mellékterméket lelték fel resorcinnak bombacsőben ammoncarbonáttal való hevítésekor a főtömeg gyanánt képződő  $\beta$ -resorcylsav mellett. Ez eljárást később KOSTANECKI<sup>6</sup> javította azáltal, hogy közönséges nyomás alatt a resorcint káliumbicarbonáttal hevítette. E kísérletek megismétlésekor a KOSTANECKI-féle kísérleti körülmények között közönséges nyomás alatt a  $\gamma$ -resorcylsav mint melléktermény nem képződött. Hogy a  $\gamma$ -resorcylsav egy kényelmes előállítási módszerét kidolgozzam, LOBRY de BRUYN<sup>7</sup> egy megfigyeléséből indultam ki, mely sze-

---

<sup>1</sup> A budapesti Pázmány Péter tud. egyetem II. sz. vegytani intézetében készült dolgozat.

<sup>2</sup> KOSTANECKI und TAMBOR: Ber. 28. 2302 (1895).

<sup>3</sup> F. MAUTHNER: Mat. és Természettud. Ért., 32. köt., 1914. 247., ugyanott 1925. évf.: Journ. für prakt. Chemie 87, 403 (1913); 100, 176 (1920); 107, 103 (1924); 101, 93 (1920).

<sup>4</sup> Journ. Chem. Soc. 107, 835 (1915).

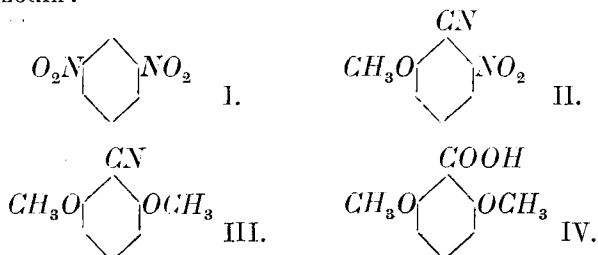
<sup>5</sup> Sitzungsber. Wien. Akad. 1879, 80.

<sup>6</sup> Ber. 18, 3202 (1855).

<sup>7</sup> Rec. trav. chim. Pays-Bas 2, 205; Centr. Ref. 17, 18 (1884).



rint, ha cyankáliumot hagyunk metadinitrobenzol (I) methylalkoholos oldatára hatni, akkor 2-methoxy 6-nitro 1-benzonitril (II) képződik:



Ha ugyanezen kutató vizsgálatai szerint a 2-methoxy 6-nitro 1-benzonitrilt methylalkoholos kálival hevítjük, akkor 2, 6-dimethoxy 1-benzonitril (III) képződik. E vegyület elszappanosítása jó termeléssel a 2, 6-dimethoxy 1-benzoessavvá (IV) kezdetben igen nagy kísérleti nehézségekbe ütközött, a két ortho állásban levő methoxygyök térbeli akadályozása folytán. Az első kísérleteket tömény kénsavval végeztem a legkülönbözőbb kísérleti körülmények között, de sikertelenül, mert a vegyület igen könnyen sulfurálódott. Éppen oly sikertelenül végződtek az elszappanosítási kísérletek RADZISZEWSKI<sup>1</sup> szerint hidrogénsuperoxyddal és legújában BERGER és OLIVIER<sup>2</sup> által ajánlott módszer, a tömény foszforsavval való hevítés sem vezetett célhoz. Végre sikerült az elszappanosítást elég jó termeléssel a cyanidnek 48 órai hevítése útján 25%-os káliumlúggal létesíteni. Ez eljárás útján a savat nagyobb mennyiségben állítottam elő és eddig három irányban vizsgáltam. A savkloridképződés vizsgálatánál megállapítottam, hogy a savból még kloroformnak mint oldószernek alkalmazása esetében sem sikerült foszforpentakloriddal a savkloridet előállítani. Éppily sikertelenek voltak azon kísérletek, amelyeket thionylkloriddal végeztem, ez esetben sem sikerült a kloridet előállítani. Meglepő jó eredményt adott az esterképződés vizsgálata diazomethannal. Diazomethannak a sav methylalkoholos-ætheres oldatára való hatásakor az ester 75%-os termeléssel képződött.

<sup>1</sup> Ber. 18, 355 (1885).

<sup>2</sup> Rec. trav. chim. Pays-Bas 46, 600 (1927).

## KÍSÉRLETI RÉSZ.

Az alábbi kísérlethez szükséges 2-nitro 6-methoxy 1-benzonitrilt lényegében LOBRY DE BRUYN<sup>1</sup> adatai szerint állítottam elő és a reakcióelegyből a cyanidet az alábbi módon különítettem el:

50 gr metadinitrobenzolt 750 cm<sup>3</sup> methylalkoholban oldunk, és 40 C°-on 23 gr cyankáliumot 40 cm<sup>3</sup> vízben oldva adunk hozzá. Egnapi állás után a kiváltott fekete anyagot ráncos szűrőn leszűrjük, agyagtanyérra kenjük és egy napig száradni hagyjuk. Termelés 38—40 gr. Az anyalúg még egy kevés anyagot tartalmaz, ez azonban kevésbé tiszta és nem különítjük el. Az anyag 20 gr-ját 100 cm<sup>3</sup> kloroformmal egy félórahosszat visszafolyó hűtőcsővel a vízfürdőn hevítjük és azután egy ráncos szűrőn leszűrjük. Az egyszer kivont anyag 40 gr-ját másodízben 100 cm<sup>3</sup> kloroformmal extraháljuk. Az oldatból petróleumætherrel a cyanidet kicsapjuk és az anyag 6 gr-ját 500 cm<sup>3</sup> alkoholból kristályosítjuk, miközben csontszénnel színtelenítünk. A termék előző irodalmi adatokkal<sup>2</sup> egyezően 171 C°-on olvad. Termelés 4·5 gr.

A cyanid 8 gr-ját 8 gr káliumhydroxydból és 200 cm<sup>3</sup> methylalkoholból készített oldathoz adjuk és visszafolyó hűtőcsővel egy órahosszat hevítjük. Ezután a methylalkohol legnagyobb részét ledesztilláljuk és sok vízzel elegyítjük. A leszűrt anyagot szárítás után benzolból és ligroinból kristályosítjuk át. Termelés 6·5 gr. Olv. p. 118 C°.

Az első elszappanosítási kísérleteket tömény és kevésbé hígított kénsavval végeztem.

2 gr 2·6 dimethoxybenzonitrilt 10 cm<sup>3</sup> tömény kénsavval 2 órahosszat 60—65 C°-ra hevítünk, ezután sok vízzel hígítjuk és ætherrel kivonjuk. Benzolból kristályosítjuk át. Termelés 0·2 gr amid. Olv. p. 207—208 C°.

2 gr nitrilt 9 cm<sup>3</sup> tömény kénsav és 3 cm<sup>3</sup> víz heverékével 1 órahosszat a vízfürdőn hevítjük és az amidet a fenti módon különítjük el. A nyersterméket xylolból kristályosítjuk át. Termelés 0·2 gr. Olv. p. 207—208 C°.

3·860 mgr anyag adott: 0·2823 cm<sup>3</sup> nitrogént (721 mm, 25 C°).

A  $C_6H_{11}O_3N$  képlet alapján a számított érték:  $N=7·73$ .

<sup>1</sup>, <sup>2</sup> Loc. cit.

Kísérletileg talált érték:  $N=7.70\%$ .

Még jobban hígított kénsavval hevítve az anyagot, a cyanid teljesen változatlan maradt.

Az újabban BERGER és OLIVIER<sup>1</sup> által cyanidek elszappanosítására ajánlott módszer, tömény foszforsavval való hevítés útján sem vezetett célhoz.

2 gr dimethoxycyanidet 15 cm<sup>3</sup> 100%-os foszforsavval egy órahosszat hevítjük 155—160 C°-ra, ezután sok vízzel elegyítjük, nátronlúgot adunk hozzá és ætherrel kivonjuk. A megsavanyított oldatot ætherrel kirázzuk, miközben egy olajszerű termék maradt vissza.

A hidrogénsuperoxyddel 3% egész 20% töménységűvel végzett elszappanosítási kísérleteknél a cyanid teljesen változatlan maradt.

Végre sikerült a cyanid elszappanosítása a következő módon:

2 gr dimethoxybenzonitrilt egy porcellánlombikban (250 cm<sup>3</sup>) 50 gr káliumhydroxidnak 100 cm<sup>3</sup> vízben való oldatával 48 óra hosszat a visszafolyó hűtőcsővel hevítjük. Ezután a reakcióelegyet sok vízzel elegyítjük és egy ráncos szűrőn megsűrjük. A szűrőn visszamaradt anyagot agyagtányéron szárítjuk és benzolban kristályosítjuk át. Termelés 0.2 gr.

3.660 mgr anyag adott: 0.2749 cm<sup>3</sup> nitrogént (721 mm, 27 C°).

A  $C_6H_{11}O_3N$  képlet alapján a számított érték:  $N=7.73\%$ .

Kísérletileg talált érték:  $N=7.80\%$ .

A termék 207 - 208 C°-on olvad és az analízis eredményei alapján a vegyület a 2, 6-dimethoxybenzoesav amidja. A vegyület nehezen oldódik hideg benzolban, könnyebben ellenben melegben. Az átszűrt folyadékot 100 cm<sup>3</sup> tömény sósavval megsavanyítjuk és az oldatot kétszer sok ætherrel kivonjuk. Az æthert ledesztilláljuk és a visszamaradó anyagot benzolból kristályosítjuk át. Termelés 1.1 gr. A vegyület 185—186 C°-on olvad, így egynehány fokkal magasabban,<sup>2</sup> mint az előző irodalmi adatok megadták.

4.240 mgr anyag adott: 9.235 mgr  $CO_2$ -t és 2.210 mgr  $H_2O$ -t.

<sup>1</sup>, <sup>2</sup> Loc. cit.

A  $C_9H_{10}O_4$  képlet alapján a számított értékek:  $C=59.34\%$ ,  $H=5.49\%$ .

Kísérletileg talált értékek:  $C=59.38\%$ ,  $H=5.79\%$ .

A sav esterré való átalakítása igen könnyen eszközölhető diazomethan segélyével az alábbi módon: 1 gr 2, 6-dimethoxybenzoésavat  $25\text{ cm}^3$  tömény methylalkoholban oldunk és  $50\text{ cm}^3$  abszolút ætherbe öntjük. Az oldatot jeges vízbe állítjuk és  $5\text{ cm}^3$  nitrosomethylurethanból fejlesztett ætheres diazomethanoldattal óvatosan elegyítjük és egy órahosszat abban állni hagyjuk. Az oldatot ezután 24 órahosszat közönséges hőmérsékleten tartjuk. Az æther lepárlása után visszamaradó anyagot ætherben oldjuk és híg nátronlúggal átrázzuk. A nátriumszulfáttal szárított ætheres oldatot ledestilláljuk és a visszamaradó terméket ligroinból kristályosítjuk át. Termelés 0.8 gr. A vegyület  $88^\circ\text{C}$ -on olvad, mint azt CLEWER, GREEN és TUTIN<sup>1</sup> előzőleg ismertették.

4.470 mgr anyag adott: 10.040 mgr.  $CO_2$ -t és 2.584 mgr  $H_2O$ -t.

A  $C_{10}H_{12}O_4$  képlet alapján a számított értékek:  $C=61.22\%$ ,  $H=6.1\%$ .

Kísérletileg talált értékek:  $C=61.25\%$ ,  $H=6.41\%$ .

A savklorid előállítását két különböző módon kíséreltem meg.

9.1 gr finomra porított savat  $30\text{ cm}^3$  kloroformmal öntünk le és 10.5 gr foszforpentakloridot adunk hozzá. Az első heves reakció után a keveréket egy negyedóra hosszat a vízfürdön hevítjük. Ezután az illó termékeket vacuumban  $35^\circ\text{C}$ -on leszívátjuk, a maradékot tetraklormethanban oldjuk és ligroinnal csapjuk ki. Termelés 2 gr. E termékből ammoniákkal nem sikerült az amidot előállítani.

2 gr savat  $20\text{ cm}^3$  thionylkloriddal egy félórahosszat visszafolyó hűtőcsővel hevítjük, azután a fölös kloridot vacuumban  $35^\circ\text{C}$ -on leszívátjuk. A maradékot ætherben oldjuk és tömény ammoniákhoz öntjük. A kiváltott anyagot agyagtányéron szárítjuk, ezután benzol és ligroin keverékéből kristályosítjuk át. A termék az analiziskor nitrogénmentesnek bizonyult.

Azon kísérleteknél, midőn aluminiumklorid hatására a két

<sup>1</sup> Loc. cit.

methylgyököt le akartam hasítani, a carboxylgyöknek egyidejű kiválása közben resorcin képződött.

2 gr 2, 6-dimethoxybenzoesavat 50 cm<sup>3</sup> klorbenzolban oldunk, 7 gr porított alumíniumkloridet adunk hozzá és egy órahosszat visszafolyó hűtőcsővel hevítjük. A jégre öntött terméket sósavval megsavanyítjuk és a klorbenzolt vízzel ledesztilláljuk. A desztilláló lombik tartalmát ætherrel kivonjuk és az oldatot nátriumszulfáttal szárítjuk. Az æther lepárlása után visszamaradó anyagot vacuumexsiccatorban szárítjuk ki. Termelés 1·2 gr. A vegyület további tisztítása céljából benzolban oldjuk, csontszénnel szintelenítjük és ligroinnal csapjuk ki. Még egyszeri ligroinból való átkristályosítás után a termék 118 C°-on olvad. A fluoresceinreakció és egyéb reakciói által resorcinnal azonosnak bizonyult.

4·445 mgr anyag adott: 10·7 mgr CO<sub>2</sub>-t és 2·22 mgr H<sub>2</sub>O-t.

A C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub> képlet alapján számított értékek: C = 65·5%, H = 5·4%.

Kísérletileg talált értékek: C=65·65%, H=5·55%.

A vizsgálatot különben folytatom.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 január 14.-én tartott üléséből.)

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE $\gamma$ -RESORCYLSÄURE.

Von F. MAUTHNER.

Während die  $\beta$ -Resorcylsäure durch die Untersuchungen von KOSTANECKI und TAMBOUR<sup>1</sup> und die  $\alpha$ -Resorcylsäure durch meine<sup>2</sup> Arbeiten eingehend untersucht sind und zu vielen Synthesen Verwendung fanden, liegen seit der Darstellung der  $\gamma$ -Resorcylsäure keine Untersuchungen über diese Verbindung vor wegen der schwierigen Beschaffung dieser Substanz. Ein erhöhtes Interesse beansprucht auch diese Säure, seitdem CLEWER, GREEN und TUTIN<sup>3</sup> diese Verbindung auch in der Natur als Spaltungsprodukt der *Gloriosa superba* auffanden. Die  $\gamma$ -Resorcylsäure wurde zuerst von SENNHOFER und BRUNNER<sup>4</sup> als Nebenprodukt in kleinen Mengen neben der  $\beta$ -Resorcylsäure beim Erhitzen von Resorcin mit Ammoncarbonat im Druckrohr gewonnen. Verbessert wurde dieses Verfahren von KOSTANECKI,<sup>5</sup> welcher die  $\beta$ -Resorcylsäure durch Erhitzen von Resorcin mit Kaliumbicarbonat bei gewöhnlichem Druck gewann. Bei der Wiederholung dieses Versuches konnte ich nach der KOSTANECKI'schen Versuchsanordnung die  $\gamma$ -Resorcylsäure als Nebenprodukt nicht erhalten. Um eine bequeme Methode zur Darstellung der  $\gamma$ -Resorcylsäure ausfindig zu machen, ging ich von einer Beobachtung von LOBBY de BRUYN<sup>6</sup> aus, welcher fand, dass beim Versetzen einer methyl-

---

<sup>1</sup> KOSTANECKI und TAMBOUR: Ber. 28, 2302 (1895).

<sup>2</sup> F. MAUTHNER: Journ. für prakt. Chemie 87, 403 (1913); 100, 176 (1920); 107, 103 (1924); 101, 93 (1920).

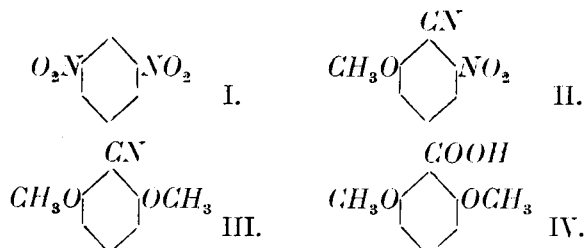
<sup>3</sup> Journ. Chem. Soc. 107, 835 (1915).

<sup>4</sup> Wien. Akad. Sitzungsberichte 1879, 80.

<sup>5</sup> Ber. 18, 3202 (1855).

<sup>6</sup> Rec. trav. chim. Pays-Bas 2, 205.

alkoholischen Lösung von m. Dinitrobenzol (I) mit Cyankalium 2-Methoxy 6-Nitro 1-Benzonitril entsteht (II):



Erhitzt man nach der Beobachtung desselben Forschers das 2-Methoxy 6-Nitro 1-Benzonitril mit methylalkoholischen Kali, so entsteht daraus 2, 6-Dimethoxy-1-Benzonitril (III). Die Verseifung dieser Verbindung zur 2, 6-Dimethoxy 1-Benzoessäure mit guter Ausbeute bereitete anfangs grosse Schwierigkeiten wegen der sterischen Behinderung durch die zwei in Orthostellung befindlichen Methoxygruppen. Die erste Versuchsreihe wurde mit conc. Schwefelsäure unter den verschiedensten Versuchsbedingungen durchgeführt, aber ohne Erfolg, da die Verbindung zu leicht sulfuriert wurde. Ebenso wenig Erfolg hatte die Verseifung nach RADZISZEWSKI<sup>1</sup> mittels Wasserstoffsuperoxyd und die vor kurzem von BERGER und OLIVIER<sup>2</sup> empfohlene neue Methode mit Phosphorsäure. Schliesslich gelang die Verseifung mit genügender Ausbeute durch 50 stündiges Erhitzen mit 25 %-iger Kalilauge zu bewerkstelligen. Nach diesem Verfahren wurde die Säure in grösseren Mengen dargestellt und bisher nach drei Richtungen hin untersucht. Bei der Untersuchung der Chloridbildung mittelst Phosphorpentachlorid zeigte sich, dass selbst bei Verwendung von Chloroform als Verdünnungsmittel ein Chlorid nicht zu erhalten war. Ebenso wenig Erfolg hatten die Versuche mittelst Thionylchlorid, wo auch kein Säurechlorid fassbar war. Überraschend glatt verlief dagegen die Estherbildung mittelst Diazomethan. Durch Einwirkung von Diazomethan auf eine methylalkoholische ätherische Lösung der Säure entstand

<sup>1</sup> Ber. 18, 355 (1885).

<sup>2</sup> Rec. trav. chim. Pays-Bas 46, 600 (1927).

der Methylester in einer Ausbeute von 75%. Da bisher in Fällen, wo durch die zwei orthoständigen Substituenten die übliche Esterifikationsmethode mit Alkohol und Salzsäuregas nicht anwendbar ist und man die Silbersalze der Säuren mit Jodmethyl umsetzte, schlage ich vor in diesen Fällen, wie der obige Versuch zeigt, die viel einfachere Esterifizierung mittelst Diazomethan vorzunehmen. Schliesslich wurden Versuche untermommen, die zwei Alkylgruppen aus der Säure abzuspalten. Die von mir vor kurzem <sup>1</sup> für ähnliche Zwecke vorgeschlagenen Versuchsbedingungen auf die chlorbenzolische Lösung der Verbindung Aluminiumchlorid einwirken zu lassen, haben hier auch die Methylgruppen abgespalten, jedoch zersetzte sich auch die Carboxylgruppe unter Kohlendioxydabspaltung und es entstand bei diesem Versuche aus der Säure Resorcin.

---

<sup>1</sup> F. MAUTHNER: Journ. für prakt. Chemie 115, 139 (1927).

---

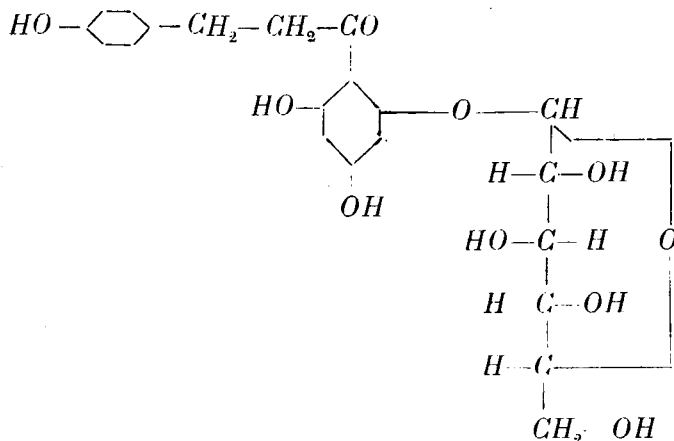
(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, vom 14. Januar 1929.)



## ADATOK A PHLORRHIZIN ÉS A QUERCITRIN SZERKEZETÉHEZ.

ZEMPLEN GÉZA r. tagtól.

Számos kutató<sup>1</sup> munkássága alapján a phlorrhizin szerkezetét a következőképpen ábrázolhatjuk:

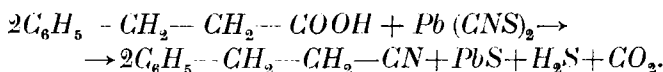


E szerkezetben csak a szőlőcukorrésznek a ketoncsoport-hoz viszonyított elhelyezése önkényes. Ugyanis mindmáig hiányzik a bizonyíték arra, hogy a szőlőcukor a ketoncsoport-hoz orto- vagy para-helyzetben van bekapcsolódva.

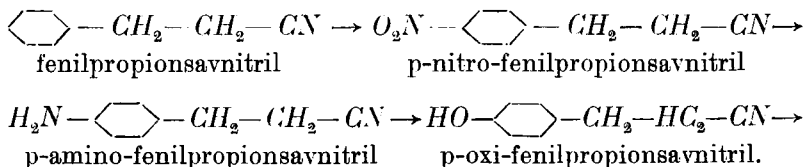
<sup>1</sup> H. HLASIVETZ: Liebigs Annalen 96, 118. (1855); H. SCHIFF: Liebigs Annalen 172, 357. (1874); W. KÖRNER u. P. CORBETTA: Berichte 7, 173. (1874); G. CIAMICIAN u. P. SILBER: Berichte 27, 1627. (1894); 28, 1393. (1895); E. FISCHER u. O. NOURI: Berichte 50, 611. (1917); M. CREMER u. R. W. SEUFFERT: Berichte 45, 2568. (1912); E. FISCHER u. H. STRAUSS: Berichte 45, 2467. (1912).

A phlorrhizint szintézissel előállítani még nem sikerült. Aglukonját azonban, a phloretint, E. FISCHER és O. NOURI állították elő a HOESCH-féle eljárás<sup>1</sup> szerint, phloretinsavnitrilből és phloroglucinból. A termelés azonban e szintézisnél igen kiesi. Azonkívül a kutatók a kívánt nitril előállítására oly phloretinsavat használtak fel, melyet magából a phlorrhizinből kaptak CREMER és SEUFFERT módszere szerint, baritvizes kezeléssel. A phlorrhizin teljes szintézisére törekedve a phloretinét is újból végre akartam hajtani, még pedig oly phloretinsavnitril felhasználásával, melyet a phlorrhizin-széthasítás alkalmazása nélkül akartam előállítani.

Kiindulási termék a  $\beta$ -phenilpropionsav, melyet az irodalom<sup>2</sup> adatai alapján malonészterből állítottam elő benzilkloriddal kapcsolva azt össze, elszappanosítva, szénsav lehasítással. A savat először para-helyzetben nitrálva, az észtert amiddá és ezt nitrillé akartam alakítani. Ez az út azonban kevésbé bizonyult járhatónak, mint a  $\beta$ -phenylpropionsav közvetlen átalakítása  $\beta$ -phenylpropionsavnitrillé az ólomrodanát módszerrel. A reakció a következő képlet szerint folyik le:



A nitrilt a benzilcianid nitrálásánál<sup>3</sup> kitanulmányozott körülmények között para-helyzetben nitráltam, a nitrocsoportot ön és sósavval redukálva p-aminofenilpropionsavnitrilt kaptam. A bázis diazóniumsóját elbontva, a kívánt p-oxifenilpropionsavnitrilt állítottam elő a következő szimbolumok szerint:



<sup>1</sup> K. HOESCH: Berichte 48, 1122. (1915).

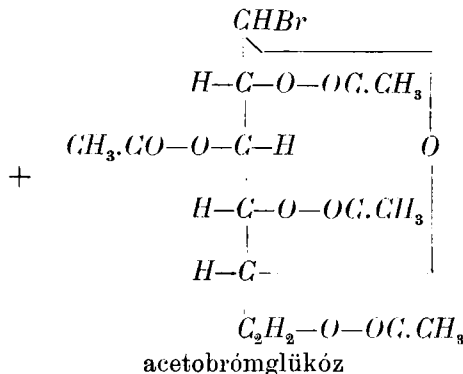
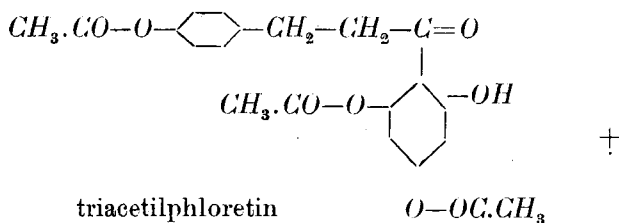
<sup>2</sup> E. FISCHER: Anleitung zur Darstellung organischer Präparate.

<sup>3</sup> R. PSCHORR, O. WOLFFES u. W. BUCKOW: Berichte 33, 170. (1900).









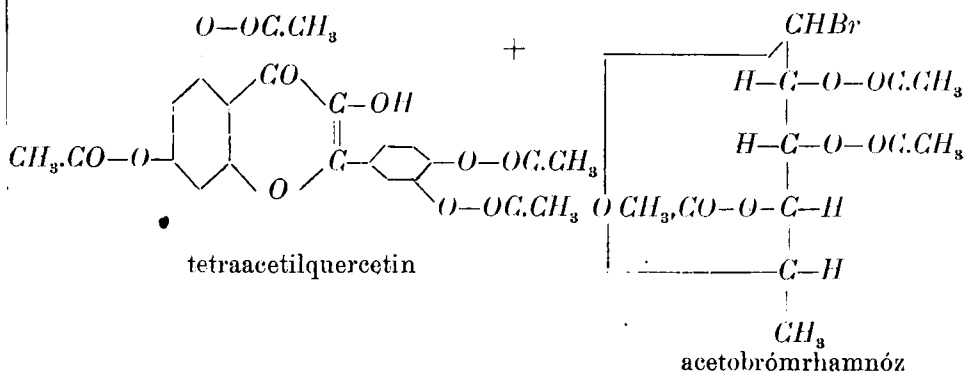
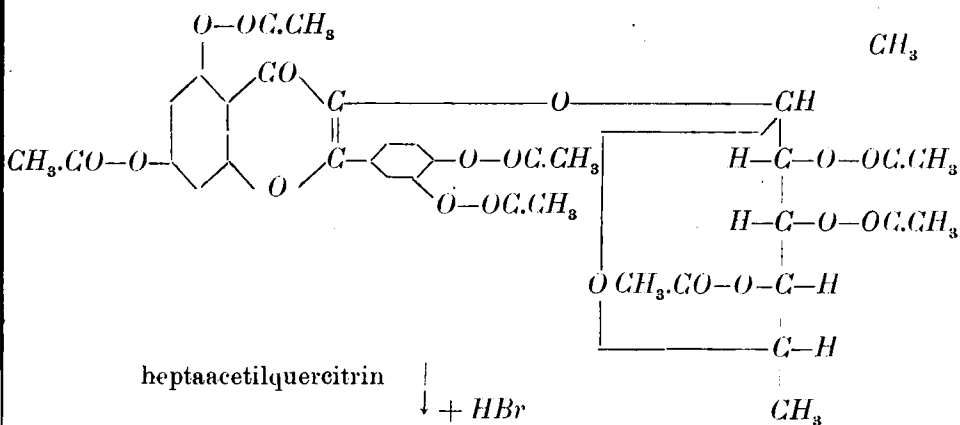
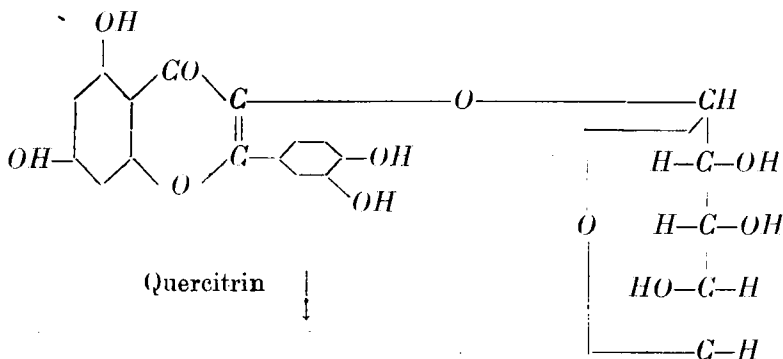
Az így kapott triacetilphloretin szabad hidroxilja azon a helyen van, ahol előbb a glükóz volt bekapcsolva. Ezért várható, hogy acetobrómglikózzal kondenzálva a heptaacetilphlorrhizinhez lehet belőle eljutni.

Eremény ellenére a két vegyület brómhidrogén lehasadása mellett végbemenendő kapcsolására irányuló minden igyekezet eredménytelen maradt. Fáradtságot nem kimélve próbáltam a kísérleti körülmények változtatásával, chinolin jelenlétében, közönséges és aktív ezüstoxiddal, meg a nélkül, vagy ezüstcarbonáttal dolgozva, célhoz jutni.

Bár a reakciókeverék forgatóképessége balraforgató anyag jelenlétét mutatta, egy esetben sem sikerült a termék feldolgozásánál phlorrhizint elkülönítenem. Chinolin és acetobrómglikóz triacetilphloretin nélkül reagáltatva csupán jobbraforgató reakciókeveréket adott.

A heptaacetilphlorrhizin jégecetűs brómhidrogénnel véghezvitt sikeres elbontása után megpróbáltam ugyanezt a bontást a teljesen acetilezett quercitrinre is alkalmazni. Acetobrómrhamnóz mellett tetraacetilquercetint kaptam. Ennek szabad hidroxilja

valószínűleg a rhamnóz előbbi bekapcsolódási helyén, vagyis a pyron gyűrűben van.<sup>1</sup>



<sup>1</sup> GORDON FREDERICK ATTREE és ARTHUR GEORGE PERKIN: Journal Chemical Society, London 1927, 234.

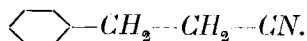




tünk bele. Ezután csökkentett nyomáson, 40°-os vízfürdőből lehajtuk az alkoholt és a képződött vizet. A maradékot 25 cm<sup>3</sup> abszolút alkoholban oldjuk és újból száraz sósavgázt vezetünk bele 1·5 órán át. Csökkentett nyomáson újból bepárolva a maradék kristályosodik. Leszivatva csökkentett nyomáson szárítjuk.

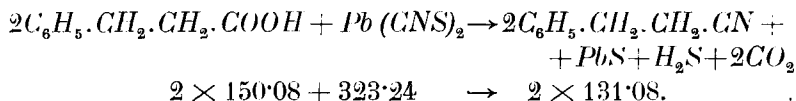
*Kísérlet az észter átalakítására amiddá:* 5·5 gr észtert 50 cm<sup>3</sup> abszolút alkoholban oldva jégűtés mellett száraz ammóniával telítjük az oldatot. Az oldat bepárlásánál a változatlan kiindulási anyagot kapjuk vissza.

### Phenylpropionsavnitril.



Előállítása az ólomrhodanátos módszer<sup>1</sup> segítségével ment végbe, mely módszer a phenylpropionsav esetére eddig még nem volt leközölve az irodalomban.

A nitrilképződés a következő képletek szerint megy végbe.



10 gr phenylpropionsavra 13 gr ólomrhodanátot használtam, vagyis 20% felesleget.

A két anyagot 50 cm<sup>3</sup>-es frakcionáló lombikban olajfürdőn lassan 180°-ra hevítettem és ezen a hőmérsékleten tartottam, míg a gázfejlődés teljesen megszűnt. Szedőnek ugyancsak 50 cm<sup>3</sup>-es frakcionálót alkalmaztam. 130 és 170° közt 2—2·5 óra alatt teljesen átdestillált az anyag, miközben az olajfürdő hőmérsékletét végül 200°-ra emeltem. A destillátumot 30 cm<sup>3</sup> éterben oldottam, kétszer 35—35 cm<sup>3</sup> 2·5%-os nátronlúggal ráztam ki, hogy a változatlan phenylpropionsavat eltávolítsam, majd kétszer vízzel mostam. Vizmentes nátriumszulfáttal megszáritva és leszűrve csökkentett nyomáson lehajtottam az étert, majd pár

<sup>1</sup> GERHARD u. KRÜSS: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 17, 1766. (1884).

forrkavicsot téve bele, a maradékot is átdestilláltam. A phenylpropionsavnitril 132—135°-on megy át. Termelés 1·8 gr.

Nitrogén tartalmát KJELDAHL-módszer szerint végzett nitrogén-meghatározással ellenőriztem:

$$1\cdot2320 \text{ gr} : 91\cdot16 \text{ cm}^3 \text{ n. 10 kénsav} = 10\cdot37\% \text{ N.}$$

Phenylpropionsavnitrilre (131·08) számított érték = 10·69% N.

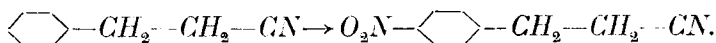
*II. kísérlet:* 30 gr phenylpropionsav + 37 gr ólomrhodanát (15% felesleg). 3·5 órai hevítéssel kaptam 2·6 gr nitrilt. A reakciókeveréket lehűtve 100 cm<sup>3</sup> éterrel hígítottam, 270 cm<sup>3</sup> 2·5%-os nátronlúggal kioldtam a phenylpropionsavat, az éteroldatot kétszer vízzel mostam, szárítottam és csökkentett nyomáson destilláltam. A nitril 132—138° közt megy át.

A lúgos mosóvizből megsavanyítás után kiéreztem a változatlan phenylpropionsavat. Az éteroldatot megszáritva a szüredéket csökkentett nyomáson pároltam be. 18·2 gr phenylpropionsavat kaptam vissza.

*III. kísérlet:* 30 gr phenylpropionsavat és 39 gr ólomrhodanátot dolgoztam fel. 2·5 órás melegítéssel 4·4 gr nitrilt kaptam.

*IV. kísérlet:* 10 gr phenylpropionsav + 24 gr ólomrhodanát (220% felesleg). A savat 180°-ra melegítve egy óra leforgása alatt kis részletekben adagoltam be az ólomrhodanátot. További egyórai 180°-os melegítés után feldolgozva 1·6 gr nitrilt kaptam.

### Phenylpropionsavnitril nitrálása.



A nitrálást a phenyleczetsavnitril esetére kidolgozott hasonló eljárás<sup>1</sup> szerint végeztem.

80 gr (= 55 cm<sup>3</sup>) 1·48 fajsúlyú, erősen lehűtött salétromsavba igen lassan, rázogatas közben 13·1 gr phenylpropionsav-

<sup>1</sup> E. PSCHORR, O. WOLFES u. W. BUCKOW: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 33, 170. (1900).

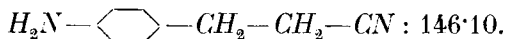
nitrit csepegtettünk, ügyelve, hogy a reakciókeverék hőmérséklete ne emelkedjék  $5-7^{\circ}$  fölé. Az egész nitrálás alatt a hőmérséklet nem emelkedett  $-5^{\circ}$  fölé. Miután az egész phenylpropionsavnitril becsepegett, a reakciókeveréket  $\frac{1}{2}$  óra hosszat tartjuk jeges vízben. Végül a tiszta, biborvörös színű oldatot jeges vízbe öntve a nitroszármazék világossárga pelyhekben válik ki. Kétórai állás után a nyersterméket dekantálva vízzel többször kimossuk, majd leszivatjuk és savmentesre mossuk.  $30\text{ cm}^3$  forró alkoholból átkristályosítva  $72-74^{\circ}$ -on olvad.  $10\text{ cm}^3$  alkoholból újból átkristályosítva az olvadáspont  $79.5^{\circ}$ . Termelés  $10.2\text{ gr}$ .

A termék tisztaságát KJELDAHL szerinti nitrogénmeghatározással ellenőriztem.

$$0.2390 : 27.98\text{ cm}^3\text{ n}/10\text{ kénsav} = 16.40\% \text{ N.}$$

p-nitro-phenylpropionsav-nitrilre (176.08) számított érték =  $15.91\% \text{ N.}$

#### p-amidophenylpropionsavnitril.



A p-nitro-phenylpropionsavnitrilt sósav és alkohol jelenlétében ónporral kezelve redukáltam. A következő anyagmennyiségeket használtam fel.

- 8.8 gr p-nitro-phenyl-propionsav-nitril,
- 11 „ ónpor,
- 100  $\text{cm}^3$  alkohol,
- 50 „ füstölő sósav.

A nitrit elkeverem az ónporral, leöntöm  $100\text{ cm}^3$  alkoholal, erősen lehűtöm és rázogatós közben lassanként hozzácsepegtetem a sósavat, közben ügyelve, hogy a hőmérséklet ne emelkedjék  $20-25^{\circ}$  fölé. Az összes sósav hozzácsepegtetése után keverés közben — a hőmérsékletet  $50^{\circ}$ -ra emeltem és  $50^{\circ}$ -os vízfürdőn tartva addig kevertem, míg egy kivett minta  $15\%$ -os nátronlúgban tisztán és színeződés nélkül oldódik. Ez egy órai melegítés után áll be. Ezután csökkentett nyomáson lehajtom

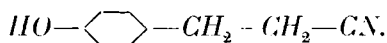
az alkoholt, mire az ónsó kezd kiválni. A kivált sót vízben újból feloldom és az oldatot szűröm. Hűtőkeverékben lehűtve a reakciókeveréket túltelitem lúggal, majd több ízben, összesen 350 cm<sup>3</sup>, éterrel rázom ki. Az éteroldatot megszárítva és szűrve ledesztillálom. Maradék sárgás olaj. Termelés 6·9 gr.

A termék összetételét KJELDAHL szerint végzett nitrogén-meghatározással ellenőriztem.

0·2070 gr : 28·31 cm<sup>3</sup> n/10 kénsav = 19·16 % N.

p-amidophenylpropionsavnitrilre (146·10) számított érték = 19·18 % N.

p-oxy-phenyl-propionsav-nitril :

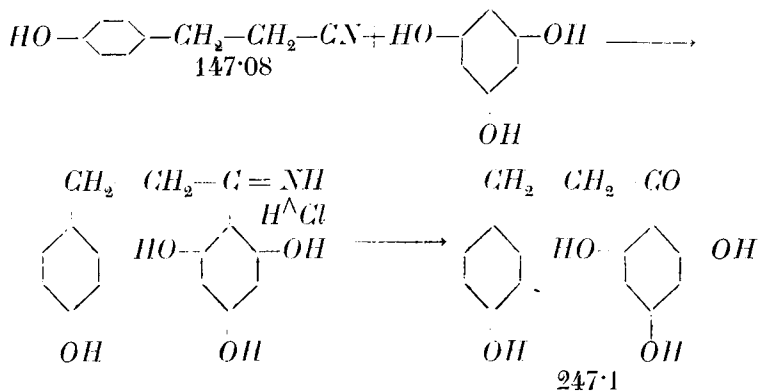


Az amidonitrilt oxinitrillé a következő anyagmennyiségek felhasználásával alakítottam át:

6 gr p-amidophenylpropionsavnitril,  
165 cm<sup>3</sup> víz,  
82 „ 25 %-os kénsav,  
2·9 gr nátriumnitrit.

A vizet és kénsavat elegyítve forrásig hevitem és forró vízfürdőbe állítva folytonos erős keverés közben hozzáadom a nitrilt. Kevés hig kénsavval mosom utána. A nitril teljes oldódása után, erős keverés közben, a kevés vízben oldott nátriumnitritet csepegtetem hozzá, miközben energikusan hűtöm, előbb vízben, majd hűtőkeverékben. Hűtés közben vöröses olaj válik ki. A reakciókeveréket kiéterezem, az éteroldatot vízzel mosom, megszárítom és szűröm. Az éter lehajtása után 4·4 gr oxinitril marad vissza.

p-oxiphenylpropionsavnitril kondenzálása phloroglucinnal.  
Phlorethin előállítása.<sup>1</sup>



Felhasznált anyagok:

2.1 gr p-oxiphenylpropionsavnitril (5% felesleg),

1.7 „ phloroglucin.

Az anyagot összesen 15 cm<sup>3</sup> abs. éterben oldom és jeges vizes hűtés mellett 2.5 óra hosszat lassú áramban száraz sósavgázt vezetek bele, majd chlorcalciumos csővel elzárva 24 óra hosszat áll jégszekrényben. Közben sötét vörös olaj válik ki. Az étert leöntve, az olajat 15 cm<sup>3</sup> friss éterrel dolgozom át kétszer egymásután, az étert újból leöntve. Ezután vízben oldom a szirupot. Az oldat zavaros. Háromszor 15–15 cm<sup>3</sup> éterrel rázom ki. Közben víz- és éterben nem oldódó anyag válik ki. Erről szűröm. Végül 66cm<sup>3</sup>, borvörös, átlátszó oldatot kapok. Két részletben dolgoztam fel.

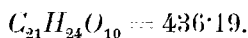
I. Fenti oldat felét ugyanolyan térfogatú vízzel hígítom és 1.5 órahosszat melegítem vízfürdön. Közben az imidklorid elszappanosodik és a nyers phlorethin kiválik. A nyerstermék 0.9 gr. Acetonban oldva annyi vizet adok hozzá, míg gyengén megzavarosodik. Ezt a zavarodást pár csepp acetonnal oldva az oldatot (30 cm<sup>3</sup>) carbovenettel megderitem, az aceton egy részét elűzöm és az oldatot lehűtöm. Közben kiválik a phlorethin.

<sup>1</sup> E. FISCHER u. O. NOURI: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 50, 611. (1917).



A két anyag keverékét 30 cm<sup>3</sup> éterrel öntöm le, ez a glükozidacetátot nem oldja. Jeges vizes hűtés közben száraz sósavgázt vezetek bele. Közben a nem oldott rész is oldatba megy. A sósavbevezetés elején barnás olaj válik ki, ez később szintén oldatba megy. A reakciókeverék, kalciumkloridos dugóval lezárva három óra hosszat áll jégszekrényben. Ezután 100 cm<sup>3</sup> petroléterbe öntöm. Barnás olaj válik ki, ezt petroléterrel dolgozom át, kétszer. Vízet adva hozzá, a sósavat nátriumacetáttal kötöm le. Az anyag a víz alatt lassan megszilárdul. Forró vízből átkristályosítva változatlan kiindulási anyag, phloroglucin-glükozidtetraacetát, válik ki.

### A phlorrhizin sajátságai.



Oldja forró víz, aceton, alkohol és metilalkohol; nem oldja kloroform, éter, benzol és hideg víz. 108–109° közt olvad, tovább hevítve nem szilárdul meg újra. Ha az anyagot előzetesen vákuumban toluollal hevítve állandó súlyig szárítjuk, olvadáspontja nem változik meg.

Kis phlorrhizin mintát forró vízből átkristályosítva vákuum-exsikkátorban szárítom közönséges hőmérsékleten, foszforpentoxid felett. Kapillárisban hevítve 109–110°-on lágyul, de csak 170°-on olvad. Ha a terméket csökkentett nyomáson toluolgőzzel fűtve szárítjuk foszforpentoxid felett, kapillárisban hevítve 107–108°-on lágyul, zsírfényű lesz, 125–130°-nál újra megszilárdul, elveszti zsírfényét s tovább hevítve 170–171°-on olvad meg újból és végérvényesen.

### Phlorrhizinacetát.

I. 10 gr phlorrhizint 10 gr vízmentes nátriumacetát és 60 cm<sup>3</sup> tiszta ecetsavanhydriddel melegíték vízfürdön. Színeződés nélkül oldódik. Egyórai további melegítés után 240 cm<sup>3</sup> vízbe öntöm. Világos olaj válik ki. Egy éjszakai állás után az anyalúgot új vízzel cserélve a lassan dermedő anyag finom szintelen porrá nyomkodható szét. Leszivatva vízzel mossuk és csökken-

tett nyomáson szárítjuk foszforpentoxid felett. Termelés 16 gr. A terméket jól oldja alkohol, metilalkohol, kloroform, benzol, aceton, ecetsav és éter; nem oldja víz és petroléter. Alkoholban vagy ecetsavban oldva vízbeöntésnél kiválik. Ecetsavból szében válik ki. Ezért ezetsavban oldva carboventtel derítem és az alig sárgásszínű oldatot vízbe öntöm. Hamarosan szintelen porrá megy szét. Leszivatva és vízzel mosva csökkentett nyomáson szárítom foszforpentoxid felett.

*Forgatóképesség:*

$$[\alpha]_D = - \frac{2.92 \times 14.2744}{1.483 \times 0.6844} = -41.05^\circ, \text{ kloroformban.}$$

II. 10 gr phlorrhizint 60 cm<sup>3</sup> ecetsavanhidrid és 60 cm<sup>3</sup> piridin keverékében oldok szobahőmérsékleten. Közben gyengén melegszik. Klórkalciummal elzárva áll egy éjjelen át. Másnap csökkentett nyomáson 50°-os fürdőről eredeti térfogatának  $\frac{1}{3}$  részére párolom be és 160 cm<sup>3</sup> vízbe öntöm. Pár óra múlva az anyalúgot friss vízzel cserélve az anyag szintelen pelyhekké dolgozható szét. Leszivatva vízzel mosom és csökkentett nyomáson foszforpentoxid és nátronmész felett szárítom. 15.5 gr szintelen terméket kapok. További tisztítás ecetsav és vízből.

*Forgatóképesség:*

$$[\alpha]_D = - \frac{2.89 \times 15.0122}{1.481 \times 0.7084} = -41.33^\circ, \text{ kloroformban.}$$

$$[\alpha]_D = - \frac{2.09 \times 4.2882}{0.8576 \times 0.2928} = -35.86^\circ, \text{ alkoholban.}$$

### Phlorrhizinacetát elszappanosítása.

I. 3 gr phlorrhizinacetátot 6 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva hűtőkeverékben lehűtöm. 0.15 gr fémnátriumot 6 cm<sup>3</sup> abs. metilalkoholban oldva ugyancsak hűtőkeverékben hűtök le.<sup>1</sup> Összeöntve pár perc múlva 10 cm<sup>3</sup> hideg vizet adok a sárgás oldat-

<sup>1</sup> GÉZA ZEMPLÉN: Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 59, 1258. (1926).



hoz és ecetsavval savanyítom meg. A kloroformréteg sárgászínű, benne van az acetilphlorrhizin főtömege változatlanul. A vizes oldatban alig van anyag. A szappanosítás tehát úgy, mint a cukroknál és az egyszerűbb glükozidoknál, nem megy.

II. 3 gr phlorrhizinacetátot 20 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva 20 cm<sup>3</sup> abszolút metilalkoholban oldott 0.7 gr fémnátriumot adok hozzá. Mindkét oldatot előzetesen hűtőkeverékben jól le kell hűteni. Összeöntve az oldat sötétedik. Vizzel hígítva ecetsavval savanyítom meg és csökkentett nyomáson párolom be. A maradékot forró vízből kristályosítom. Szép tűkben válik ki. Termelés 1.2 gr, számított mennyiség 1.7 gr. Kitermelés 70%. A termék 108°-on olvad, újból megszilárdul és tovább hevítve 170°-on olvad.

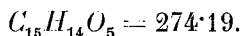
III. 2 gr phlorrhizinacetátot 5 cm<sup>3</sup> alkoholban oldva hidegen pár csepp tömény nátronlúgot adok hozzá és vizzel hígítom. 15 perc múlva híg ecetsavval savanyítom meg és csökkentett nyomáson bepárolom. Közben fehér kristályos anyag válik ki. A nem egészen bepárolt maradékot 15 cm<sup>3</sup> forró vízben oldva carboventtel derítem és szűröm. Egy gr válik ki fehér tűkben. Termelés 88% phlorrhizin.

*Phlorrhizinacetát redukálóképessége* alkoholos oldás, alkaliás szappanosítás és forró 5%-os sósavval való kétórás hidrolízis után:

0.1872 gr : 10.5 cm<sup>3</sup> n. 10 KMnO<sub>4</sub> = 0.0341 gr glükóz = 18.22%.

*Kísérlet triacetilphloretin és phlorrhizinacetát elválasztására.* 0.5 gr triacetilphloretin és 1 gr phlorrhizinacetát keverékét híg nátronlúggal kezelem. A triacetilphloretin teljesen oldódik. 0.9 gr phlorrhizin acetát marad vissza. Az elválasztás tehát majdnem quantitativ.

### A phloretin előállítása és sajátosságai.

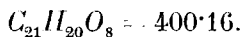


5 gr phlorrhizint 60 cm<sup>3</sup> 5%-os sósavval melegíték vízfürdön. Pár perc alatt teljesen oldódik. Az oldat nemsokára zavaros lesz és pelyhes, kissé szürkésfehér színű csapadék jelenik

meg. Egyórai melegítés után a kiválás befejeződik, a leülepedett csapadék felett kitisztul az oldat. Forrón leszivatva háromszor forró vízzel mosom, majd vákuumexsikkátorban foszforpentoxid felett szárítom. Termelés 2·9 gr 3·14 gr helyett, vagyis a számított mennyiség 92%-a.

A termék FEHLING oldatot nem redukál. Szobahőmérsékleten játszva oldódik híg lúgokban. Jól oldja meleg acetont, nem oldja éter. Ecetsavanhidriddel és vízmentes nátriumacetáttal két óra hosszat melegítve vízfürdőn vízbe öntésnél *tetraacetilphloretin* válik ki. Alkoholból átkristályosítva 165°-on olvad.

### Triacetilphloretin.



18 gr phlorrhizinacetátot 40 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva 40 cm<sup>3</sup> 0°-on brómhidrogénnel telített jégecetet adunk hozzá, és három óra hosszat tartjuk szobahőmérsékleten. Közben az oldat nem színeződik. Kloroformmal hígítva jeges vízbe öntjük, a kloroformos részt elválasztjuk és 6—8-szor jeges vízzel mossuk ki. A két réteg közt világossárga pelyhek válnak ki. Leszivattva kloroformmal, majd vízzel mossuk és levegő átszivattással szárítjuk. 30 cm<sup>3</sup> meleg acetontban oldva 20 cm<sup>3</sup> meleg vizet adok hozzá, carboventtel derítem és szűröm. Állva szintelen lapocskákban válik ki a triacetil-származék. Leszivattva és vizes acetonnal mosva szárítom. Termelés 6 gr.

A kloroformos oldatot, melyből jeges vízzel a triacetilphloretin vált ki, megszáritva újból hat óra hosszat kezelem jégecetes brómhidrogénnel. Feldolgozásnál nem vált ki triacetilphloretin.

A terméket oldja alkohol, metilalkohol, acetont, kissé meleg éter; nem oldja kloroform, benzol, benzint, viz és hideg éter. 188—189°-on olvad.

*Acetil-meghatározás:* Triacetilphloretint hideg híg lúgban oldok és 1½ óra múlva sósavval savanyítom meg. A kivált phloretint Gooch-tégelyben mérem.

$$0\cdot2110 \text{ gr} : 0\cdot1475 \text{ gr} = 30\cdot05\% \text{ acetil.}$$

Triacetilphloretinre számított érték = 32·25% acetil.

## Triacetilphloretin és acetobrómglikóz kapcsolására irányuló kísérletek.

- I. 2 gr acetobrómglikóz,  
4 « triacetilphloretin,  
10 cm<sup>3</sup> chinolin.

A három anyagot melegítem vízfürdön. Homogén oldatot kapok. Klórkalciumos csővel elzárva 1 óra hosszat melegítem. Az oldat közben erősen sötétedik. 100 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva négyszer 25 cm<sup>3</sup> 5%-os kénsavval mosom ki a chinolint. Vízrel savmentesre mosva a változatlan triacetilphloretin egy része közben kiválik. A kimosott és klórkalciummal megszáritott kloroformos oldatot csökkentett nyomáson bepárolva a maradékot alkoholban oldva újból bepárolom, hogy a kloroformot teljesen elűzzem. A maradékot alkoholban oldva vízbe öntöm. Porrá megy szét. Híg nátronlúg teljesen oldja. Megsavanyítva csak phloretin válik ki. Az elkülönített termékben tehát csak változatlan triacetilphloretin van. A kondenzálás nem sikerült.

- II. 4 gr triacetilphloretin,  
2 « acetobrómglikóz,  
50 cm<sup>3</sup> abszolút aceton,  
2 gr száraz ezüstkarbonát.

A triacetil phloretint és acetobrómglikózt acetonban oldva ezüstkarbonátot adok hozzá és gyakori szellőztetés mellett rázom, előbb kézzel, majd rázógépen. Kétórás rázás után szüredékében már nincs halogén. Csontszénnel tömített szűrőn tisztára szűrve az oldatot, csökkentett nyomáson bepárolom, majd vízbe öntöm. Szintelen pelyhek válnak ki. Leszivatva vízzel mosom. Híg lúg teljesen oldja. Az anyag tehát triacetilphloretin. A kondenzálás nem ment. Az anyalúgban glükóz van, acetilezéssel mutatható ki.

- III. 4 gr triacetilphloretin,  
2 « acetobrómglikóz,  
2 « ezüstkarbonát,  
100 cm<sup>3</sup> benzol és 50 cm<sup>3</sup> éter.

Addig rázatom, míg a bróm a szüredékben már nem mutat-  
ható ki. Leszűrve a maradékot meleg alkohollal mosom. A szü-  
redéket csökkentett nyomáson párolom be. Sárgás anyag marad  
vissza, súlya 5 gr. Kevés alkoholban oldva vízbe öntöm. Sár-  
gás pelyhek válnak ki. Leszivatva hideg híg lúgban, teljesen  
oldódik, megsavanyítva csak phloretin válik ki.

- IV. 4 gr triacetilphloretin,  
4 „ acetobrómglikóz,  
10 cm<sup>3</sup> abszolút piridin.

A keveréket másfél óra hosszat melegítem vízfürdőben. Ez-  
után az oldószert csökkentett nyomáson hajtom le. A maradé-  
kot alkoholban oldva vízbe öntöm. Csak változatlan triacetil-  
phloretin izolálható.

- V. 4 gr triacetilphloretin,  
4 „ acetobrómglikóz,  
10 cm<sup>3</sup> abszolút piridin,  
2 gr ezüstkarbonát.

A keveréket vízfürdőn melegítem, közben erősen barnul.  
100 cm<sup>3</sup> kloroformmal hígítva szűröm, híg kénsavval kimosom  
a piridint, csökkentett nyomáson bepárolom, a maradékot alko-  
holban oldom és vízbe öntöm. Változatlan triacetilphloretint  
kapok.

- VI. 6 gr acetobrómglikóz (1·5 molekula),  
5·5 gr phloretin (2 molekula),  
40 cm<sup>3</sup> aceton,  
20 „ normál nátronlúg.

Az acetobrómglikózt és phloretint acetonban oldom, hozzá-  
adom a nátronlúgot és állni hagyom. Két óra múlva az oldat  
még alkalikus. Visszacsepegő hűtővel egy óra hosszat forralom,  
az alkalikus reakció közben eltűnik. Jeges vizes hűtés mellett  
10 cm<sup>3</sup> 10%-os nátronlúgot adok hozzá és a beálló zavarodást  
10 cm<sup>3</sup> vízzel oldom. Pár perc múlva ecetsavval savanyítom meg,  
100 cm<sup>3</sup>-re töltöm és meghatározom az oldat hidrolízis előtti  
és utáni redukcióját.

Redukálóképesség  $2\text{ cm}^3$ -ben hidrolízis előtt  $= 8.9\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ ,  
 " " " " után  $= 8.9\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ .

A hidrolízis előtti és utáni redukció egyezése bizonyítja, hogy glükozidképződés nem ment végbe.

VII. 2 gr triacetylphloretin,  
 1.5 gr acetobrómglikóz,  
 1 gr chinolin.

A keveréket három óra hosszat melegítem vízfürdőn. A vörösbarna olvadék lehűtve kemény üvegszerű tömeggé dermed.  $15\text{ cm}^3$  meleg alkoholban oldva lehűtöm, nátronlúggal szappanosítom, és ecetsavval megsavanyítva, a vörösszínű oldatot csökkentett nyomáson bepárolom. A maradékot alkoholban oldom és  $2\text{ cm}^3$ -ben meghatározom a redukálóképességet hidrolízis előtt és 5 %-os sósavval való hidrolízis után.

Redukálóképesség hidrolízis előtt  $= 4.6\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ ,  
 " " " " után  $= 4.6\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ .

Glükozidképződés tehát nincsen.

VIII. 2 gr phloretin,  
 1.5 gr acetobrómglikóz,  
 1.5 " chinolin.

A három anyagot vízfürdőn összeömlesztve, két óra hosszat melegítem. A vörös-barna olvadékot  $20\text{ cm}^3$  alkoholban oldom és hűtve nátronlúggal szappanosítom, majd ecetsavval savanyítom meg.

Redukálóképesség  $2\text{ cm}^3$ -ben hidrolízis előtt  $= 5.7\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ ,  
 " 2 " " " után  $= 8.9\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ .

A reakciókeverékből vízgőzzel lehajtom a chinolint, a maradékot kifőzöm vízzel, hogy az esetleg jelenlevő phlorrhizint oldjam. Az alkoholban oldott maradékban meghatároztam a redukáló képességet.

Redukálóképesség  $2\text{ cm}^3$ -ben hidrolízis előtt  $= 1.3\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ ,  
 " 2 " " " után  $= 2.4\text{ cm}^3 n/10\text{ KMnO}_4$ .



ból bázisos ólomacetáttal barnás, pelyhes csapadék válik ki. Leszivatva vízzel mosom. Vizben szuszpendálva kénhidrogént vezetek bele, előbb szobahőmérsékleten, majd vízfürdőn felmelegítve. Az ólomszulfidról leszivatva forró vízzel mosom és a szüredéket csontszénnel derítem. Az oldat redukál FEHLING-oldatot és gyengén balra forgat. Bepárolva maradéka 0.5 gr. Közélebbi vizsgálata alapján szennyezett phloretinnel azonos. Ámbár az esetleg keletkezett phlorrhizin a forró vizes oldatban való bontásnál oldatba kellett volna menjen, az ólomcsapadékot újból elbontottam kénhidrogénnel, alkoholos oldatban, előbb szobahőmérsékleten, majd forró vízfürdőn. Szüredéke gyengén balra forgató. Csökkentett nyomáson bepárolva maradéka 2 gr szennyezett phloretin. A reakciónál tehát phlorrhizinképződés nem mutatható ki.

- XI. 4 gr triacetilphloretin (—33 % felesleg),  
 3 « acetobrómglikóz,  
 15 cm<sup>3</sup> chinolin,  
 20 « abszolút benzol,  
 1 gr HELFERICH-féle <sup>1</sup> ezüstoxid.

A triacetilphloretint és acetobrómglikózt, chinolinban oldva hozzáadom a benzolt és az ezüstoxidot. Kétórai rázatás után még van benne halogén. Ezért még 0.5 gr ezüstoxidot adok hozzá és négy óra hosszat rázatom. Ezalatt a bróm lehasad. A szüredék maradékát 50 cm<sup>3</sup> kloroformmal kimosva az egyesített oldatokból hig kénsavval mostam ki a chinolint. Vízzel savmentesre mosva vízmentes nátriumszulfáttal szárítom és csökkentett nyomáson bepárolom. A maradékot ismételtén alkoholban oldom és újból bepárolom, hogy a kloroformot teljesen elűzhessem. A maradékot kevés alkoholban oldva vízbe öntöm. A ragacsos csapadékról egy éjszakai állás után leöntöm az anyalúgot és friss vízzel dolgozom át. Az első anyalúgban szennyezett tetraacetilglikóz van. A ragacsos anyag hideg vízben szét-dolgozva lassankint megszilárdul és porrá megy szét. Leszivatva, vízzel mosom és vákuumnexszikkátorban foszforpentoxid felett

<sup>1</sup> B. HELFERICH u. W. KLEIN: *Liebigs Annalen* 450, 225. (1926).

száritom. Termelés 1·6 gr. Éterben oldva kevés szennyezés marad oldatlan. Az oldatot csökkentett nyomáson szárazra párolva a maradékot 10 cm<sup>3</sup> ecetsavban oldom, carboventtel deritem és 150 cm<sup>3</sup> vízbe öntöm. Sárgás pelyhek válnak ki. Megszáritva 1·4 gr.

*Forgatóképesség:*

$$[\alpha]_D = \frac{1\cdot07 \times 4\cdot2844}{0\cdot8568 \times 0\cdot2556} = 20\cdot93^\circ, \text{ alkoholban.}$$

1 gr-ot baritvizzel öntök le és rázógépen rázatom. Lassan az egész oldatba megy. A kissé sötét oldatból híg kénsavval kicsapom a báriumot, majd csontszénnel megderítve szűröm. A szüredéket csökkentett nyomáson 10 cm<sup>3</sup>-re párolom be s állni hagyom. Pár nap alatt sem válik ki semmi. A kísérlet szerint fenti körülmények között nem képződik phlorrhizin.

XII. 4 gr triacetylphloretint és 3 gr acetobrómglikózt 60 cm<sup>3</sup> abszolút acetonban oldok rázatás közben. Még 10 cm<sup>3</sup> acetont, valamint 1·5 gr chinolint és 1·5 gr HELFERICH-féle ezüstoxidot adok hozzá és négy órahosszat rázatom rázógépen. A szüredékében még kimutatható a bróm, ezért még két ízben teszek bele összesen 1 gr ezüstoxidot és 1 óra hosszat rázatom. A vörösesbarna szüredéket csökkentett nyomáson bepárolva, maradékát kloroformban oldom, híg kénsavval kimosom a chinolint, vízzel savmentesre mosom, nátriumsulfáttal megszáritom és csökkentett nyomáson bepárolom. Maradék 3·8 gr. 25 cm<sup>3</sup> alkoholban oldva hűtés közben 5 cm<sup>3</sup> híg nátronlúggal szappanosítom el, közben a beálló zavarodást 10 cm<sup>3</sup> vízzel újra oldatba viszem. Rövid idei állás után ecetsavval savanyítom meg. Az oldatban meghatározom a redukálóképességet hidrolízis előtt és után.

Redukálóképesség 2 cm<sup>3</sup>-ben hidrolízis előtt = 8·0 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub>;

                  "          2          "          "          után = 8·2 " n/10 KMnO<sub>4</sub>.

Ezek szerint glükozidképződés nincsen.

- XIII. 4 gr triacetylphloretin,  
           3 " acetobrómglikóz,  
           15 cm<sup>3</sup> chinolin,  
           20 " abszolút benzol,  
           1·5 gr HELFERICH-féle ezüstoxid.



A triacetilphloretint és acetobrómglikózt chinolinban oldom, benzollal hígítom, ezüstoxidot adok hozzá és négy órahosszat rázatom rázógépen. Közben a bróm teljesen lehasad.  $100\text{ cm}^3$  kloroformmal hígítva és szűrve, híg kénsavval mosom ki a chinolint. Vízrel savmentesre mosva nátriumszulfáttal szárítom. Egy éjjelen át áll, közben ezüstcsapadék válik ki, közben az oldat színe világosodik. Az oldatot csökkentett nyomáson bepárolva maradékát alkoholban oldom és újra bepárolva, elüzöm a kloroformot. A maradékot alkoholban oldva, kevés ezüst szennyezés marad vissza. Az oldatot csökkentett nyomáson bepárolva,  $4\cdot5\text{ gr}$  a maradéka.  $1\text{ gr}$ -ot  $20\text{ cm}^3$  alkoholban oldva híg lúgot és  $10\text{ cm}^3$  vizet adok hozzá s rövid idő múlva ecetsavval savanyítom meg. Az oldat  $35\text{ cm}^2$ .

Redukálóképesség

$10\text{ cm}^3$ -ben hidrolízis előtt =  $2\cdot98\text{ cm}^3\text{ n}/10\text{ KMnO}_4$ ;

$10\text{ cm}^3$  " " után =  $15\cdot49\text{ cm}^3\text{ n}/10\text{ KMnO}_4$ .

A maradék  $15\text{ cm}^3$  oldatot csökkentett nyomáson szárazra párolva, a maradékot kevés forró vízben oldom. Lehűtve kevés phloretin válik ki csak.

Fenti maradékból  $3\cdot5\text{ gr}$ -ot  $60\text{ cm}^3$  meleg alkoholban oldok. Hűtve zavarodás lép fel. Csontszénnel derítve és szűrve tiszta oldatot kapok. Az alkoholos oldatot híg lúggal és  $20\text{ cm}^3$  vízzel elegyítem, majd pár perc múlva ecetsavval savanyítom meg. Csökkentett nyomáson besűrítve párszor alkohollal desztillálom le, hogy az ecetsavat elűzzem. Maradékát  $25\text{ cm}^3$  forró vízben oldva a nem oldódó olajról leszűröm és állni hagyom. Barna olaj válik ki.  $35\text{ cm}^3$  forró vízben oldva vízfürdön, csontszénnel derítem és szűröm. Világos vöröseszínű. Állás közben nem válik ki semmi. Bázisos ólomacetáttal vöröses, pelyhes csapadék válik ki. Előbb dekantálva mosom, majd leszívatom. Forró vízben szuszpendálva kénhidrogénnel bontom el. A forró szüredéket csontszénnel derítem, víztiszta oldatot kapok. Lehűlve semmi sem válik ki. Az oldat sem hidrolízis előtt, sem utána nem redukál. A bázisos ólomacetátos anyalúgban sincsen redukáló anyag.

### Ellenőrző kísérletek triacetilphloretin, illetőleg phloretin nélkül.

- I. 4·1 gr acetobrómglikóz,
- 5 cm<sup>3</sup> chinolin,
- 15 „ abszolút benzol,
- 2 gr aktív ezüst oxid (HELFERICH-féle).

A reakciókeveréket rázógépen rázattam. Szüredéke 32 óra múlva brómmentes. Az oldatot 50 cm<sup>3</sup> kloroformmal hígítva, és szűrve híg kénsavval, majd vízzel mosom, nátriumszulfáttal szárítom és csökkentett nyomáson bepárolom. A 2·5 gr súlyú barnás maradékot 7 cm<sup>3</sup> alkoholban oldva 70 cm<sup>3</sup> vízbe öntöm. Sárgásbarna kenőcsszerű anyag válik ki. Többször friss vízzel dolgozom át, közben porrá megy szét. 25 cm<sup>3</sup> alkoholban oldva csontszénnel derítem.

*Forgatóképessége:*

$$[\alpha]_D = + \frac{1 \cdot 22 \times 4 \cdot 1290}{0 \cdot 8258 \times 0 \cdot 220} = + 27 \cdot 4^\circ, \text{ alkoholban.}$$

A termékben — égetéssel meghatározva — nincsen nitrogén.

- II. 3 gr acetobrómglikóz,
- 3 „ chinolin.

Az anyagokat két óra hosszat melegítem vízfürdőben. A sötét barnásvörös olvadékot vízgőzzel desztillálva, lehajtom belőle a chinolint. A maradékot alkoholban oldva nátronlúggal szappanosítom el. Ecetsavval megsavanyítva, 50 cm<sup>3</sup>-re töltöm fel.

Redukálóképesség 5 cm<sup>3</sup>-ben hidrolízis előtt = 9·60 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub>;  
 „ 5 „ „ „ után = 14·15 „ n/10 KMnO<sub>4</sub>;

A hidrolízis utáni redukció 30%-kal magasabb.

### Bázisos ólomacetátoldat hatása phlorrhizinre.

1 gr phlorrhizint forró vízben oldva ugyanolyan térfogatú alkohollal hígítom. Lehűtve oldatban marad. Bázisos ólomacetátoldatot adok hozzá. Fehér, pelyhes csapadék válik ki. Leszivatva és vízzel jól kimosva vízben szuszpendálom és kénhidrogént

vezetek bele előbb hidegen, végül azonban vízfürdön melegítve. Forrón szűröm, csontszénnel derítem és a szüredéket csökkentett nyomáson párolom be. Lehűtve phlorrhizin kristályosodik ki. Termelés 0·8 gr.

### Kísérletek quercitrinnel. Quercetinglükózid szintézise.

Quercitrin — — — — —  $C_{21}H_{20}O_{11} = 448\cdot18$ ;

Quercetin — — — — —  $C_{15}H_{10}O_7 = 302\cdot08$ ;

Tetraacetylquercetin — — —  $C_{23}H_{18}O_{11} = 470\cdot14$ ;

Heptaacetylquercitrin — — —  $C_{33}H_{34}O_{18} = 742\cdot7$ .

### Heptaacetylquercitrin.

100 gr quercitrint 600 cm<sup>3</sup> ecetsavanhidrid és 100 gr vízmentes nátriumacetáttal melegíték vízfürdön. Rövid idő alatt feloldódik. Még egy óra hosszat melegítem, majd 2·5 liter vízbe öntöm. Egy éjszakai állásra félig szilárd olaj válik ki. Az anyalúgot új vízzel cserélve az acetiltermék porrá nyomkodható szét. Leszivatva és vízzel kimosva, foszforpentoxid felett megszárítva súlya 155 gr. A termék színtelen. Jól oldja alkohol, aceton, benzol, kloroform; nem oldja éter, petroléter és víz.

#### Forgatóképesség:

$$[\alpha]_D^{24} = - \frac{5\cdot64 \times 22\cdot6178}{1\cdot4751 \times 0\cdot5222} = -165\cdot6^\circ, \text{ kloroformban.}$$

#### Redukálóképessége hidrolízis előtt:

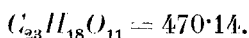
0·1024 gr : 0·81 cm<sup>3</sup> n/10  $KMnO_4$  = alig észrevehető redukció.

#### Hidrolízis után:

0·1404 gr : 10·1 cm<sup>3</sup> n/10  $KMnO_4$  = 23·4% glükóz.

*Szappanosítás:* 4 gr acetátot 40 cm<sup>3</sup> abszolút kloroformban oldva erősen lehűtöm és 1·2 gr — 40 cm<sup>3</sup> abszolút metilalkoholban oldott és ugyancsak lehűtött — fémnátriumot adok hozzá, rázogatas közben. A reakciókeveréket 40 cm<sup>3</sup> vízzel rázom át. A vizes oldatot ecetsavval savanyítom meg és csökkentett nyomáson párolom be. A maradékot vízből kristályosítom át. 2·3 gr tiszta quercitrin válik ki a számított 2·41 gr helyett.

### Tetraacetylquercetin.



100 gr quercitrinből kapott heptaacetátot még nedvesen feloldok 300 cm<sup>3</sup> kloroformban, háromszor kimosom vízzel, megszárítom klorkalciummal és 300 cm<sup>3</sup> jégecet es brómhidrogént adok hozzá. Hat óra hosszat tartom szobahőmérsékleten. 400 cm<sup>3</sup> kloroformmal hígítva 1.5 liter jeges vízbe öntöm. A tetraacetylquercetin sárgászöldes színű pelyhekben válik ki. A kloroformos oldatot vízzel mosva, még válik ki anyag. Jól leszívatta előbb kloroformmal, majd vízzel mosom és vákuumexsikkátorban szárítom foszforpentoxid és nátronmész felett. Termelés 46 gr, vagyis a 155 gr heptaacetylquercitrinre számított mennyiség 47%-a.

*Acetilszám*: az anyagot vízzel elkeverve 2—3 cm<sup>3</sup> 10%-os nátronlúgban oldom. Negyedórai állás után, miközben az oldatot széndioxidárammal védem az oxidálódás ellen, sósavval savanyítom meg és vízfürdőn melegítem, míg a quercetin kiválása befejeződik. Gooch-tégelybe szűröm és 115°-on szárítom.

0.2648 gr : 0.1770 gr = 66.84% quercetin.

Számítás szerint a tetraacetylquercetin quercetintartalma = 64.26%.

Számítás szerint a triacetylquercetin (428.11) quercetintartalma = 70.60%.

### Tetraacetylquercetin és acetobrómglikóz kondenzálása.

#### Quercetinglikozid képződése.

I. 6.2 gr tetraacetylquercetint 20 cm<sup>3</sup> chinolinban oldva 20 cm<sup>3</sup> benzolban oldott 4.3 gr acetobrómglikózt adok hozzá. A tetraacetylquercetin 33% feleslegben van alkalmazva. 2 gr HELFERICH-féle ezüstoxidot adok hozzá és 10 óra hosszat rázatom, majd új 0.5 gr ezüstoxiddal további öt óra hosszat rázatom rázógépen. Szüredékében halogén már nincsen. 100 cm<sup>3</sup> kloroformmal hígítva szűröm. A chinolint 10%-os kénsavval mosom ki, majd vízzel savmentesre mosom. Mosás közben változatlan tetraacetylquercetin válik ki. A kloroformos oldatot klorkalciummal szárítom,

maradékát 5 cm<sup>3</sup> alkoholban oldom és 100 cm<sup>3</sup> vízbe öntöm. A kivált terméket szétnyomkodva és leszivatva, vízzel mosom és vákuummexsikkátorban szárítom. Termelés 7 gr.

*Forgatóképessége:*

$$[\alpha]_D = -\frac{1.0 \times 12.3540}{0.8166 \times 0.5034} = -30.1^\circ, \text{ alkoholban.}$$

Redukálóképessége hidrolízis előtt:

0.1852 gr : 10.80 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> = 19% glükóz.

10%-os sósavval való hidrolízis után:

0.1942 gr : 20.30 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> = 35.8% glükóz.

- II. 10 gr tetraacetylquercetin,  
 7 « acetobromglükóz,  
 4 « HELFERICH-féle ezüstoxid,  
 40 cm<sup>3</sup> vákuumban frissen desztillált chinolin,  
 40 « benzol.

A reakció lefolyása és feldolgozása teljesen az I. kísérlet szerint történt. Termelés 9 gr világossárga por. Térfogatos mennyiségi meghatározás alapján nitrogén nincsen benne.

Redukálóképessége hidrolízis előtt:

0.2186 gr : 9.1 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> = 13.40% glükóz.

Hidrolízis után:

0.2590 gr : 18.5 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> = 24.24% glükóz.

1 gr-ot vízzel főztem ki, az anyalúgot leöntve, a maradékot ecetsavban oldottam és a terméket vízzel csaptam ki. Világossárga pelyhek váltak ki.

Redukálóképessége hidrolízis előtt:

0.1986 gr : 6.78 cm<sup>3</sup> n/10 KMnO<sub>4</sub> = 10.87% glükóz.

*Forgatóképessége:*

$$[\alpha]_D^{20} = -\frac{0.96 \times 11.9852}{0.4990 \times 0.8148} = -28.3^\circ, \text{ alkoholban.}$$

$$[\alpha]_D^{20} = -\frac{0.80 \times 18.2028}{1.481 \times 0.3448} = -28.5^\circ, \text{ kloroformban.}$$

4 gr-ot kloroformas oldatban nátriummetiláttal a quercitrin-acetátnál leírt módon elszappanosítva bepárlás után nem kaptam nehezen oldható terméket. Ezért a maradékot vízben olíva 5 %-os sósavval hidrolizáltam vízfürdőn. Másfél óra múlva teljesen kivált a keletkezett quercetin. Kaptam 1 gr-ot a számított 1.6 gr helyett.

Összehasonlításképpen meghatároztam az 5 gr quercitrinből hidrolizissal kapható quercetin mennyiséget. Kaptam 3.4 gr-ot, számított mennyiség 3.37 gr.

#### A quercetinglükózidacetát bontása jégecetes brómhidrogénnel. Tetraacetylquercetin képződése.

4 gr-ot 15 cm<sup>3</sup> kloroformban oldva, 15 cm<sup>3</sup> jégecetes brómhidrogént adok hozzá és hat óra hosszat tartom szobahőmérsékleten. Közben tetraacetylquercetin válik ki. Feldolgozása a tetraacetylquercetin előállításánál megadott módon történt. Termelés 1.7 gr, a számított 2.5 gr helyett.

A kísérletek elvégzésében nagy segítségemre voltak Csűrös ZOLTÁN, GERECS ÁRPÁD és ACZÉL ISTVÁN vegyész-mérnök urak. Buzgó segítségükért e helyen mondok köszönetet.

A kísérletekhez anyagi támogatással a Magyar Természettudományi alap járult hozzá.

---

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1929 február 18.-án tartott üléséből.)

## BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DES PHLORRHIDZINS UND DES QUERCITRINS.

Von GÉZA ZEMPLÉN o. M. der Akademie.

Verfasser versucht eine vollständige Synthese des Phlorrhidzins auszuführen.  $\beta$ -Phenylpropionsäure wurde direkt nach der Bleirhodananatmethode in  $\beta$ -Phenylpropionsäurenitril umgewandelt, dieses in  $\mu$ -Stellung nitriert, zur entsprechenden Amino-Verbindung reduziert, und über das Diazoniumsalz zum  $\beta$ -[ $p$ -Oxyphenyl]-propionsäurenitril verkocht. Bei der Kondensation desselben mit Phloroglucin entstand Phloretin. Dagegen gelang es nicht, nach dem gleichen Verfahren, das  $p$ -Oxyphenylpropionsäurenitril mit acetyliertem Phlorin zu kondensieren. Ebenso wenig glückte die Kondensation von Phloretin mit Acetobromglykose und die Kuppelung eines Triacetylphloretins, das durch Spaltung der vollständig acetylierten Phlorrhidzins mit Hilfe von Eisessig + Bromwasserstoff gewonnen worden war, mit Acetobromglykose. Auch die Spaltung des völlig acetylierten Quercitrins mit Bromwasserstoff + Eisessig führt zu Acetobromrhamnose und Tetraacetylquercetin, das vermutlich das freie Hydroxyl an der Stelle enthält, wo ursprünglich die Rhamnose haftete. Bei der Kondensation dieses Triacetylquercetins mit Acetobromglykose in Gegenwart von Chinolin und Silberoxyd wurde in der Tat das Acetylderivat eines Quercetinglykosids erhalten, welches der Synthese nach mit dem Acetylderivat des Isoquercitrins identisch sein müsste. Es gelang jedoch nicht, — das acetylfreie — Glykosid zu isolieren.

Die Arbeit erscheint in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft **61**, 2486 (1928).

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Febr. 1929.)

## ANALÓGIA A PYRAZOL ÉS A TETRAZOL KÉMIAJÁBAN.

KONEK FRIGYES 1. tagtól.

Ezen folyóirat 1907. évi 25. kötetében, a 363—395. lapokon azokról a kísérleteimről számoltam be — amelyeket részben akkori munkatársammal: Вук МИХАЈ-lyal végeztem — és amelyeknek célja kéntartalmú természetes vagy mesterséges alkaloidák szintézise volt. Míg az előbbiek kénkloriddal és klorürrel szemben teljesen passzíve viselkedtek: addig aránylag könnyen sikerült az antipyrinnek ismeretlen mono- és disulfidjét előállítani és pontosan jellemezni. Ezen sulfidek szintézisével eredetileg csak azt a célt követtem, hogy a kénnek a fiziológiai hatásra gyakorolt befolyását az antipyrin esetében tanulmányozzam és megismerjem. Később azonban figyelmem arra is kiterjedt, hogy felhasználjam az antipyrin-disulfidet az organikus disulfidek szerkezetének a bizonyítására, illetőleg annak kísérleti eldöntésére, hogy vajjon a kénklorürt a szimmetriás vagy pedig az asszimmetriás — thiothionylklorid — szerkezet illeti-e meg? E célból a szóbanforgó disulfidet kénelvonó anyagokkal hoztam össze és többek között kloroformos oldatát fémhiganyal is ráztam abban a reményben, hogy ily módon eljárva, sikerülni fog talán a disulfid egyik kénatomját a molekulából simán kivenni és így a monosulfidhez eljutni; ami a kénklorür asszimmetriás szerkezetének döntő kísérleti bizonyítéka lett volna. Ám a kísérlet ennek a várt eredménynek épp az ellenkezőjét bizonyította, amennyiben a disulfid nem hogy leadott volna egy kénatomot, ellenkezőleg egy atom higanyt vett fel simán és átalakult szép kristályos új vegyületté, amelyet én annak idején



pontos elemzések alapján egy «mercurio-dithio-bisantipyrinnek» ismertem fel és mint olyant jellemeztem. Ezen akkor egyedülálló megfigyelésem magyarázatára — 20—22 évvel ezelőtt — azt a nézetet hangoztattam, hogy ebben az esetben vagy a thioantipyrin merkaptidje:  $A.S-Hg-S.A$ ; vagy pedig egy higany-

addícióstermék:  $\begin{matrix} A \\ \diagup \\ S=S-Hg \\ \diagdown \\ A \end{matrix}$  jöhet csak tekintetbe. Mivel abban

az időben «radikal-disszociációs theoriákról» még nem igen beszéltünk, nagyon is csábítónak tetszett nekem ennek a reakciónak akként való magyarázata, hogy a fémhigany a kénhez való nagy vegyi vonzódásánál fogva képes az oldott állapotban levő disulfidet mintegy derékon ketté szakítani és az így fellépő gyökökkel  $(A-S-)_x$  egyesülve higany sót, azaz merkaptidet létesíteni. Annak eldöntése céljából, hogy vajjon ez a különös higanyaddíció csak az antipyrindisulfidre jellemző, vagy pedig az organikus disulfideknek egy általános reakciója-e: kísérleteket végeztem már akkor különböző alphyll- és aryldisulfidekkel, nevezetesen aethyl-, p-dimethylaminophenyl-, benzyl-, benzoyl- és p-nitrophenyldisulfiddel és kloroformos oldataikat feles fémhigannyal ráztam hosszabb ideig, közönséges hőmérsékleten, a nélkül azonban, hogy ezen esetek bármelyikében is a legcsekélyebb higanyfelvételt konstatálhattam volna. Ellentétben ezekkel a megfigyelésekkel, az antipyrin legközelebbi homologjának, a homoantipyrinnek kénklorúrral könnyen előállítható disulfidje, MISKOLCZY<sup>1</sup> kísérletei alapján higannyal rázva, símán és könnyen egyesül egy atom fémmel az analóg «homoantipyrildisulfidé». Ezekből a kísérleti adatokból kénytelen-kelletlen azt a következtetést kellett levonnom, hogy a kettős kénkomplexumhoz kapcsolt heterocyklikusgyűrű — jelen esetben a pyrazolon gyűrű — orientáló hatásának tulajdonítandó az antipyrin és homoantipyrin disulfidjének azon specifikus sajátága, hogy fémhigany jelenlétében oly könnyen disszociálnak merkaptyl gyökökre, amelyek azonnal — a higany híd közvetítésével — vegyületté, azaz merkaptidké

<sup>1</sup> MISKOLCZY A.: «A homoantipyrin thioszármazékai». Bölcsész-doktori értekezés, Budapest 1909. — V. ö. a VII. Nemzetközi alkalm. vegytani kongresszus Annalesait, London 1909., Organ. kémiai szekció.

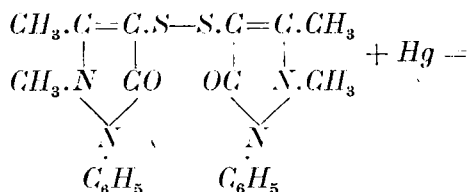
egyesülnek; míg ezzel szemben más alky- és aryl-disulfidek erre a reakcióra — hasonló körülmények között — teljességgel képtelenek. Miután így eldöntöttnek látszott, hogy a kettős kén-csoporthoz kötött heterocyklok okozza a kénatomok kapcsolódásának meglazulását és a higanyatom közbeékelődését: kimondtam, hogy theoretikus szempontból érdekes és fontos volna más heterocyklikus bisulfideknek fémhiganyal szemben tanusítandó magatartásának kísérleti megvizsgálása. Mint ilyenek az általam megvizsgált pyrazol gyűrűvel izomér imidazol, továbbá a triazol és tetrazol heterocyklák jöhetnek elsősorban tekintetbe. Időközben más kutatók is foglalkoztak az organikus bisulfidek disszociációjának problémájával. Nevezetesen LECHER H.,<sup>1</sup> aki 12—13 évvel később a müncheni egyetem laboratóriumában végzett érdekes kutatásokat a kén vegyértékéről és — talán az én nyomdokaimon elindulva vagy eredményeimen felbuzdulva — tanulmányozta a többi között a fémhiganynak aryl-disulfidekre gyakorolt hatását is. Ő is tapasztalta, hogy higany megkönnyíti a disulfidkomplexumnak gyökökre való kettészakadását, amidőn sikerült az o-nitrophenyldisulfidet forró xylolban 200° és nyomás alkalmazásával fémhiganyal legalább részben a megfelelő merkaptiddé átalakítani, és felhasználja ezt az erőszakos reakciót az ő radikal-disszociációs elméletének a támogatására. Mivel saját, régibb keletű kísérleteim eredményei elkerülték figyelmét, prioritásom megóvása céljából a «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft» berlini folyóiratban<sup>2</sup> közzéttem a homantipyrin disulfidjére vonatkozó kutatásaimat, amelyek eddig csak egy budapesti bölcsészeti-doktori értekezésben és a VII. Londoni Alkalm. Chemiai Nemzetközi Kongresszus (London 1909) annaleseiben jelentek meg. Ebben a közleményemben rámutattam arra a különbségre, amely a LECHER és az általam megvizsgált disulfideknek higanyal szemben tanusított magatartása között fennáll és újból hangsúlyoztam abbéli — már fentebb is említett — felfogásomat, hogy a heterocyklikus komplexumban keresendő az a hatás, mely a kénatomok közötti kötést annyira

<sup>1</sup> LECHER: Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 53. 577 (1920).

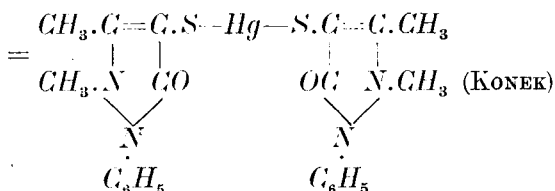
<sup>2</sup> KONEK: Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 53. 1666 (1920).

meglazítja, hogy azok — eltérőleg a homocyklikus disulfidektől — fémhigany hatására pillanat alatt és már közönséges hőnél is gyökdiszociációt szenvednek és átalakulnak az állandó higanyosóvá, a merkaptiddé. Öröndetes támogatást talált ez a felfogásom a legújabb szakirodalomban. A «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft» c. berlini folyóirat legújabb füzetében STOLLÉ RÓBERT heidelbergi egyetemi tanár egy közleménye jelent meg diazovegyületeknek tetrazolyldisulfidekre gyakorolt hatásáról,<sup>1</sup> amelyben a szerző a többi között a fémes higanynak a bis (phenyl-1-tetrazolyl-5)-disulfidre való hatását is tanulmányozta és megemlíti, hogy a higany éppoly könnyűséggel hasítja ketté ezen heterocyklikus disulfid kénkapcsolódását — már közönséges hőnél való összerázás alkalmával — mint ahogy én azt először az antipyrin és homoantipyrin disulfidjeinél megfigyeltem. A reakciótermék is természetesen analógja az én antipyrin és homoantipyrin merkaptidjeimnek. Ez a nagyfokú hasonlatosság pyrazol- és tetrazolvegyületek között arra indította STOLLÉ R. professzort, hogy levélben forduljon hozzám és megkérjen, hogy küldjem el neki anti- és homoantipyrindisulfid praeparatumaikat, mert ő meg szeretné vizsgálni diazomethan iránt való viselkedésüket. Ebben a tekintetben azonban már nem volt analógia pyrazol és tetrazol között; amennyiben az én disulfidjeim — mint ahogy azt STOLLÉ fentidézett publikációjában röviden felemlíti — diazomethánnal szemben egészen passzív viselkedtek és nem adtak olyan karakterisztikus addíciós származékokat, mint amilyeneket neki sikerült a tetrazol sorozatban előállítani. Ennek az eltérő magatartásnak theoretikus magyarázata túlmegy ezen rövid közlemény keretén és csak akkor lesz lehetséges, ha majd nagyobb kísérleti anyag fog rendelkezésre állni. Könnyebb összehasonlíthatóság céljából végül ide iktatom az analóg magatartást tanúsító pyrazol- és tetrazolvegyületeket, valamint a megfelelő higanyosóvá (merkaptiddé) való átmenetüket:

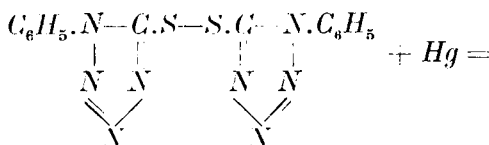
<sup>1</sup> STOLLÉ: Ber. d. deutsch. Chem. Ges. 62. 1112 (1929.)



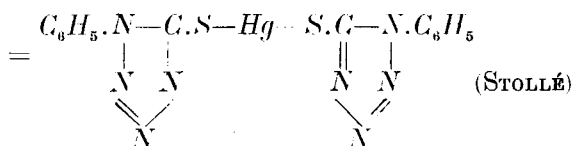
antipyryl- vagy 1-phenyl-2-3-dimethyl-5-pyrazolonyldisulfid



→ a 4-merkpto-antipyrin higany sója.



bis-(phenyl-1-tetrazolyl-5)-disulfid



→ a phenyl-1-merkpto-5-tetrazol higany sója.

Ezen mindenesetre érdekes paralellizmus pyrazol- és tetrazol-származékok között, amely ezen speciális esetben, t. i. bisulfidjeiknek higannyal szemben való magatartásában nyilvánul meg: közfekvővé teszi ezen reakciónak más öttagú heterocyklákra, nevezetesen a pyrazollal izomér imidazol-, valamint a triazolgyűrűkre való kiterjesztését és végül hatos heterocyklikus disulfideknek ilyen irányban való kísérleti megvizsgálását. Végül ki kellene terjesztetni ezeket a vizsgálatokat olyan heterocyklikus bisulfidekre is, amelyek gyűrűjükből nem nitrogén, hanem más

heteroelemet — oxigént vagy ként — tartalmaznak, hogy ilyenformán kísérletileg el lehessen dönteni, hogy vajjon kizárólag csak a nitrogényűrűk okozzák-e a velük kapcsolt kénatomok közötti kötés fellazulását és az ezzel járó radikal-disszociációt, vagy pedig hogy más nitrogénmentes heterogyűrűk is képesek ilyen orientáló hatás kifejtésére? egyszóval meg kellene vizsgálni a furan-, a thiophen- és a thiazolvegyületek disulfidjeit is fémhigany iránt tanúsítandó viselkedésüket illetőleg. Ha időm és egyéb körülményeim engedni fogják, ezen kísérleti problémák egyikével-másikával — talán már a közel jövőben is — foglalkozni fogok.

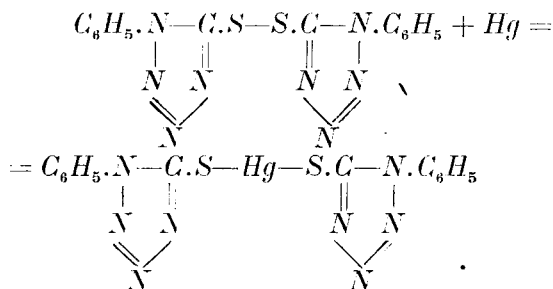
---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929. június hó 3.-án tartott üléséből.)

# ANALOGIE IN DER PYRAZOL- UND TETRAZOLREIHE.

Von korresp. Mitgl. FRITZ v. KONEK.

Der Vortragende bezieht sich auf eine Mitteilung im letzten (Nr. 5, Mai 1929) Heft der «Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft» von ROBERT STOLLÉ aus dem Heidelberger Universitätslaboratorium, welche die Einwirkung von Diazoverbindungen auf Tetrazolyldisulfide zum Gegenstand hat und in welcher Verfasser auch die Einwirkung von metallischem Quecksilber auf «Bis-(phenyl-1-tetrazolyl-5)-disulfid» untersuchte und feststellen konnte, dass dieses heterozyklische Disulfid unter dem Einflusse des *Hg* eine Radikal-Dissotiation des Schwefelkomplexes erleidet und schon beim Schütteln bei gewöhnlicher Temperatur in das Merkaptid des »Phenyl-1-merkapto-5-tetrazols» übergeht:<sup>1</sup>



und erblickt in diesem Verhalten der Tetrazolverbindung eine merkwürdige Analogie zu seinen vor 22 Jahren gemachten Beobachtungen, welche im Falle der Disulfide des Antipyrins und

<sup>1</sup> STOLLÉ: Ber. 62. 1112. (1929).

Homoantipyryns<sup>1</sup> die Aufspaltung des Schwefelkomplexes durch *Hg*, als bei gewöhnlicher Temperatur und quantitativ verlaufende Reaktion zuerst experimentell beweisen und feststellen konnten. Nachdem sich Vortragender experimentell überzeugt hatte, dass homocyklische Disulfide die Quecksilber Reaktion nicht geben, schrieb er schon damals das Verhalten der Pyrazolondisulfide dem Einflusse des heterocyklischen Ringes auf die Stabilität der benachbarten Schwefelbindung zu und stellte Versuche mit weiteren heterocyklischen Disulfiden in Aussicht. Durch die oben zitierte Untersuchung R. STOLLÉS hat nun diese seine Voraussetzung eine einwandfreie Bestätigung gefunden und wäre es es von theoretischem Interesse auch andere Stickstoffringe in dieser Richtung zu prüfen. Gleichfalls experimentell müsste noch das Verhalten stickstofffreier Ringe — speziell der Disulfide von Furan- und Thiophenderivaten — gegenüber metallischem Quecksilber geprüft werden, um die noch offene Frage zu beantworten, ob bei dieser Reaktion ausschliesslich nur der Ringstickstoff entscheidend ist, oder ob auch stickstofffreie Heterocykla ihrer fähig sind. Kurz erwähnt Vortragender noch die etwa 12—13 Jahre später publizierten Untersuchungen von H. LECHER<sup>2</sup> über das Valenzproblem des Schwefels, welche die Spaltung der Aryldisulfide durch Quecksilber als «Radikal-Dissotiation» auffassten und die älteren Versuche des Vortragenden nur insoferne berühren, als es im Falle des o-Nitrophenyldisulfids gelungen ist, durch Anwendung von hoher Temperatur und Druck dieses homocyklische Bisulfid wenigstens teilweise mit Hilfe von Quecksilber zu spalten, beziehungsweise in das Merkaptid überzuführen.

<sup>1</sup> KONEK: Math. és Természettud. Értesítő. Budapest. 25. 363—395 (1907). — Ann. VII. Internat. Kongr. für Angew. Chem. London (1909). Organ. Chem. Section.

<sup>2</sup> H. LECHER: Ber. 53, 577 (1920). Vergl. hiezu: KONEK: Ber. 53, 1666. (1920).

## LOKÁLANESZTÉTIKAI SZINTÉZISEK.<sup>1</sup>

(A 3-methoxy-salicylsav vagy guajakol-karbonsav néhány új származéka.  
Egy új substituált, a 3-æthoxy-salicylsav előállítása.)

(Előzetes közlemény.)

KONEK FRIGYES 1. tagtól.

Legutóbbi ilyen tárgyú közleményemben, melyet tavaly volt szerencsém a Mélyen Tisztelt Akadémia elé terjeszteni, kinutattam, hogy a salicylsavval izomér paraoxybenzoésavaminobenzoylmethylester származéka nyomát sem mutatja a helyi érzéstelenítő hatásnak, míg az elsőről már régebben konstatálhattam, hogy megfelelő derivátuma erős lokálanesztikum, azaz kokainpótló anyag. A fiziológiai hatásban való nagy különbséget kielégítő módon meglehet a két izomérvegyület közt fennforgó szerkezeti különbségekkel — nevezetesen a benzoyloxy- és a carboxymethylcsoportoknak viszonyos helyzetével — magyarázni.

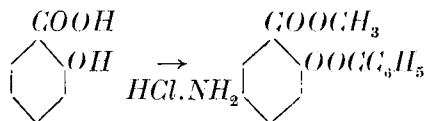
Évekkel ezelőtt egyik tanítványommal és munkatársammal, PACSU JENŐ-vel, előállítottam a vanillinsavnak megfelelő származékát: egy benzoylaminovanillinsavmethylestert,<sup>2</sup> amelyről csakhamar kiderült, hogy helyi érzéstelenítő hatása éppoly kevésbé van, mint a tavaly szintetizált paraoxybenzoésavszármazéknak. A vanillinsavszármazék ezen fiziológiai magatartása, eddigi elméleti és kísérleti tapasztalataim alapján, szerkezetéből könnyűszerrel meg volt magyarázható. A benne foglalt methoxyl-

<sup>1</sup> A megelőző utolsó ilyen tárgyú közleményt lásd: KONEK, Math. és Természettud. Ért. 45. köt. 514. Továbbá: Verhandl. Gesellsch. Deutsch. Naturforsch. u. Aerzte zu Hamburg. 1928. és Chem. Zeit. 1928.

<sup>2</sup> KONEK-PACSU: Ber. deutsch. Chem. Ges. 51. 855. (1918.)

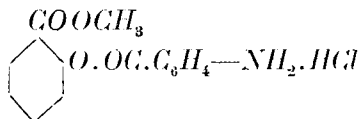


csoport befolyását ebben az esetben kísérleti alapon eldönteni természetesen nem volt lehetséges és kénytelen voltam pusztán csak analógia következtetésekre szorítkozni. Annál érdekesebb feladatnak kínálkozott ezek után egy olyan methoxyltartalmú aromás fenolsavnak ily irányban való megvizsgálása, amely a hydroxyl- és karboxylcsoportokat «ortho», azaz olyan viszonyos helyzetben tartalmazza, hogy megfelelő aminobenzoylmethylesterének — eddigi tapasztalataim alapján — meglesz a kívánt helyi érzéstelenítő hatása. Ilyen szerkezeti követelményeknek csak a methoxysalicylsavak felelnek meg. A theória szerint lehetséges négy izomér ilyen sav közül a «3-methoxy-salicylsav» vagy «guajakolkarbonsav» jöhetett mint kiindulási anyag elsősorban csak tekintetbe, mivel az izomérek között talán legkönnyebben hozzáférhető és guajakolnatriumból a KOLBE—SCHMIDT-féle eljárás szerint aránylag könnyen és olcsón szintetizálható. A belőle előállítható aminobenzoylmethylester egyrészt izomér a megfelelő vanillinsavszármazékkal, másrészt egy methoxylcsoporttal különbözik csak a megfelelő salicylsavszármazéktól; s minthogy úgy ez utóbbinak, mint pedig a vanillinsavszármazéknak fiziológiai hatása ismeretes volt, az új, substituált salicylsav megfelelő derivátumából eléggé biztos következtetést lehetett majd vonni a methoxylcsoportnak az anestetizáló hatásra gyakorolt befolyására. A mondottak megvilágítására álljanak itt az összehasonlítható szerkezeti képletek:



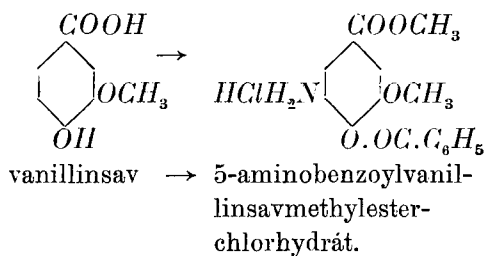
salicylsav  $\rightarrow$  aminobenzoylsalicylsavmethylesterchlorhydrát.

vagy

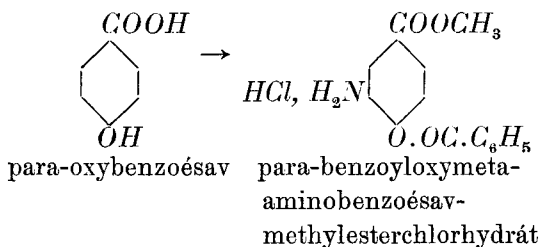
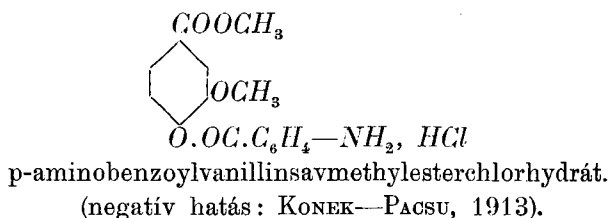


m-aminobenzoylsalicylsavmethylesterchlorhydrát.

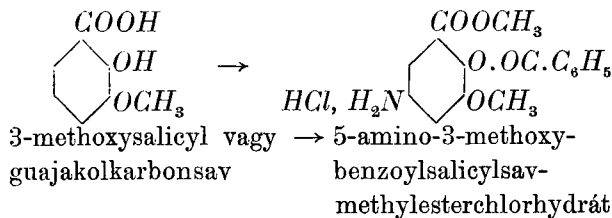
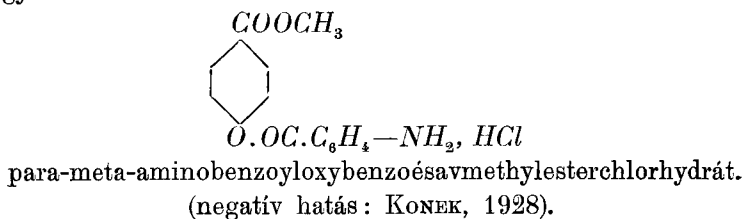
(pozitív hatás; KONEK, 1895).



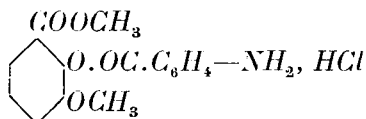
vagy



vagy



vagy :



m-aminobenzoyl-3-methoxysalicylsav-methylesterchlorhydrát.  
(pozitív hatás; KONEK, 1928—29).

Az eddig szerzett tapasztalatok alapján a szintézis menete a következő volt: 3-methoxysalicyl- vagy guajakolkarbonsav, guajakolkarbonsavmethylester, nitroguajakolkarbonsavmethylester, nitrobenzoylguajakolkarbonsavmethylester és végül aminobenzoylguajakolkarbonsavmethylester; vagy pedig: guajakolkarbonsav, guajakolkarbonsavmethylester, m-nitrobenzoylguajakolkarbonsavmethylester és végül meta-aminobenzoylguajakolkarbonsavmethylester. A szintézis végtermékei közül a «benzoylált aminoguajakolkarbonsavmethylester» eddig olyan kis mennyiségben állott csak rendelkezésemre, hogy éppen csak konstatálni lehetett az érzéstelenítő hatást, míg az új vegyület elemzése és tüzetesebb jellemzése csak akkor lesz lehetséges, ha nagyobb mennyiségben fog majd rendelkezésemre állni. A másik szintétikai végső termék, az «aminobenzoylált guajakolkarbonsavmethylester» — amely izomér az előbbivel — sokkal erősebb helyi érzéstelenítő hatást mutat, sőt ebben vetekedik a megfelelő salicylsavszármazékkal. Ezekből az előészletelekből azt a következtetést kell vonni, hogy a methoxylgyök úgylátszik nem gyengíti észrevehetőleg a salicylsavszármazék fiziológiai hatását; arra a kérdésre, hogy a szívre gyakorolt hatást, a «salicylismust» mennyire befolyásolja, csak beható összehasonlító fiziológiai vizsgálatok után és azok alapján lehet majd határozott választ adni. A kísérleti tapasztalatok közül említésre érdemesnek tartom azt a könnyűséget, amellyel úgy a guajakolkarbonestert mint ennek nitroszármazékát benzoylálni, illetve nitrobenzoylálni lehetett; dacára annak, hogy VIKTOR MEYER szerint «térbeli akadályoztatással» állunk szemben — mivel a phenolhydroxylt (amely benzoylálható) mindkét orthohelyzetben substituensek határolják — a benzoylálás és nitrobenzoylálás a puszta savchloriddal — minden egyéb katalizáló hatás nélkül: pyridin, chinolin — már

a vízfürdőn megindul és 150—180°-on végleg befejezhető. A guajakolkarbonsavester ezen viselkedése tehát kivételt képez az általános szabály alól.

### Kísérleti rész.

(LOCZKA ALAJOS dr. és DOKTAY JÁNOS közreműködésével.)

### 3-Methoxy-salicylsav.

Technikai 3-methoxy-salicilsavat, amelyet a «Chemische Fabrik v. Heyden, Radebeul—Dresden» guajakolnátriumból és szénsavból állít elő KOLBE—SCHMIDT eljárása szerint és guajakolkarbonsav elnevezése alatt forgalomba hoz, forró vízből kristályosítottunk. 1 súlyrész sav körülbelül 15 rész 100°-os vízben oldódik és kihülés után fényes, hosszú, szintelen túalakú kristályok alakjában rögtön, még pedig kvantitatív kiválik. Állandó olvadáspontja 148°. Vasechloriddal csaknem ugyanolyan érzékeny kékes-ibolya színreakciót ad, mint a salicylsav. Tisztaságát az ezüst sóelemzésével kontroláltuk, amelyet a sav ammoniákos oldatából  $AgNO_3$ -al fehér csapadék alakjában nyertünk és exsiccatorszáraz állapotban elemeztünk:

0.4062 gr ezüstsó adott 0.1582 gr fémezüstöt; ebből

Talált — — — —  $Ag = 38.94\%$

a  $C_8H_7O_4Ag$  képletből Számított — — — —  $Ag = 39.28\%$ .

### 3-Methoxy-salicylsavmethylester.

A theoretikus összetételű ezüstsót felhasználtuk arra, hogy belőle a szokott módon előállítsuk a sav-methylesterét. E célból egy molekula teljesen száraz ezüstsót abszolút ætherben szuszpendáltunk és egy molekula jódmethyllel visszafolyó hűtőn addig forraltunk, míg a jódezüst képződése a színváltozás után itélve teljesnek és befejezettnak látszott, ami körülbelül három órai forralás után be is következett. A halogénezüstről forrón leszűrt ætherből, bepárlás után a keletkezett methylester hosszú fehér túalakú kristályokban válik ki. Ha a jódezüstöt még kétszer extraháljuk ætherrel, az új vegyület termelése megközelíti a

theoretikusan várható eredményt. Forró metanolból átkristályosítva, hosszú, színtelen tűk alakjában nyerhetjük a guajakolkarbonestert, amelyeknek állandó olvadáspontja  $64^{\circ}$ . Miután így megismertük az új savestert, a további műveletekhez szükséges anyagot egyszerűen úgy készítettük, hogy például 10 gr vízből átkristályosított guajakolkarbonsavat visszafolyó hűtőn 50 cm száraz sósavgázzal telített metylalkohollal 1—2 óráig forraltunk. Kihülés után a keletkezett methylester kristályosan csaknem teljesen kiválik. Átkristályosításhoz jobb 50—60%-os metanol használni, így az anyalúgokban nem marad vissza annyi, mintha tiszta metylalkoholt használnánk az átkristályosításhoz. Az így kapott kristályok alakja megegyezik a jódmethyles eljárással kapottakéval; olvadáspontjuk is alig tér el;  $64-65^{\circ}$ -ot találtunk.

### 3-Methoxy-2-metanitrobenzoyl-salicylsavmethylester.

Guajakolkarbonsavmethylester és m-nitrobenzoylchlorid molekuláris viszonylatban elegyítve és paraffinfürdőben hevitve, már  $100^{\circ}$ -on hatnak egymásra, amit a léghűtőn át távozó sósavgázzal könnyen lehet konstatálni. 2—3 órai hevítés után a sósavgázfejlődés alábbhagy; ekkor a sárga olajos terméket csészébe öntjük és erősen hűtve próbáljuk megszilárdítani; ha ez nem sikerülne, hideg, bikarbonátos vízzel maceráljuk mindaddig, míg az olaj sárgás szilárd tömeggé merevedik. Ezt a nyers terméket feloldjuk metanolban, amelyből kristályokat azonban csak úgy lehet kapni, ha annyi vizet adunk hozzá, hogy az anyag tejszerű emulzió alakjában ismét kiválik; néhány órai vagy napi állás után azonban megszilárdul. A víztől elkülönítve körülbelül 80%-os metylalkoholban forrón oldjuk és lassan hagyjuk kihűlni; ekkor kevés vízzel emulziókat idézünk elő, amelyekből végül az új vegyület csillogó kristályok alakjában kifejeceedik. Így eljárva, 2 gr ester és ugyanannyi savchloridból sikerült körülbelül 2·8—3·0 gr nitrobenzoylált tiszta terméket kihozni. A kristályos m-nitrobenzoylált guajakolkarbonsavmethylester  $45^{\circ}$ -on olvad. Tüzetesebb jellemzését egy későbbi összefüggő közleményben fogjuk közölni.

### 3-Methoxy-2-metaminobenzoyl-salicylsavmethylester.

Sok próbálgatás után a nitrobenzoylált guajakolkarbonsav-ester redukcióját oly módon hajtottuk végre, hogy 1 gr anyagot feloldottunk 10 cm sósavgázzal telített methanolban s óvatos melegítés közben 1 gr granulált önt adagoltunk hozzá kis részletekben. A redukció befejeztével hosszabb állás után fehér tűalakú kristályok képződtek az oldatban, amelyek  $204^{\circ}$ -on bomlás közben megolvadtak és a vizsgálatnál önmenteseknek bizonyultak; szóval nem mások, mint a keresett aminoester chlorhydrátja. A nyelvre hozva azonnal erős és tartós anesztéziát váltanak ki. A szabad aminoestert eddig anyaghiány miatt nem tudtuk izolálni; úgyszintén behatóbb fiziológiai vizsgálatok is csak akkor lesznek keresztülvihetők, ha az aminoester nagyobb mennyiségben fog majd rendelkezésünkre állani.

### 5-Nitro-3-methoxy-salicylsav.

Sok eredménytelen kísérletezés után végre úgy sikerült a guajakolkarbonsavból egy egyöntetű nitroszármazékot kapnunk, hogy erre a savra is ugyanazt a nitrálási eljárást alkalmaztuk, amelyet egyikünk<sup>1</sup> évekkal ezelőtt sikerrel használt a salicylsav nitroszármazékainak előállítására. Eljárásunk a következő volt:

5 gr átkristályosított és finom porrá tört 3-methoxy-salicylsavat 5 cm<sup>3</sup> füstölő salétromsav és 5 cm<sup>3</sup> jégcet keverékébe hűtés közben adagoltunk és ügyeltünk arra, hogy a temperatura  $+5^{\circ}$ -on túl ne emelkedjék. Az adagolás befejeztével a sűrű barnászörös pépes tömeget porcelláncsészébe öntöttük s levegőn lassan felmelegedni engedték. 10—15 perc múlva rendkívül heves reakció indul meg; pezsgés közben nitrózus gázok távoznak s a temperatura felszökik körülbelül  $80^{\circ}$ -ra. A reakció lezajlása után 100—150 cm<sup>3</sup> jeges vizet adunk az elegyhez, mire a képződött nitroszármazék csakhamar kiválik. Ezt leszűrjük, jeges vízzel kimossuk belőle a feles salétrom- és ecetsavat s forró víz-

<sup>1</sup> KONEK: Math. és Természettud. Ért. (1896) XIV. 17. «Az assymetriás m-nitrosalicylsav néhány új származéka».

ből kristályosítjuk. Körülbelül  $450\text{ cm}^3$   $100^\circ$ -os víz kellett a kapott nyers nitrotermék feloldásához. Szűrés után rögtön hosszú sárga kristályokban válik ki az új vegyület, amelyek  $220^\circ$ -on olvadnak. Bár ebben az esetben, — ha szem előtt tartjuk az aromás vegyületek substitúciós szabályait — csak egy előnyös pozíciója van a belépő nitrocsoportnak, t. i. az ötös helyzet, vagyis csak egyetlenegy nitroguajakolkarbonsav keletkezését várhattuk: mégis szükségesnek tartottuk nitrotermékünk egyöntetűségének és izomérektől való mentességének kísérleti bizonyítására ugyanazt az eljárást alkalmazni, amelyet egyikünk<sup>1</sup> az izomér nitrosalicylsavaknak — asszimmetriás és vicinális meta-nitro — egymástól való elválasztására sikerrel használt. E végből a nyers nitroterméket feles  $\text{BaCO}_3$ -al forró vizes oldatban telítettük, a feles karbonátról leszűrve, a kiváló csillogó rubinvörös tüalaku kristályos barytsót még a forró oldatból elkülönítettük; savval megbontottuk és kristályosítás után az így előállított nitroguajakolkarbonsavnak olvadáspontját is  $220^\circ$ -nak találtuk; ami azt bizonyítja, hogy a barytsóból előállított — vagy azon keresztül tisztított — nitrosav ugyanaz a vegyület, mint az, melyet a nitrálás nyers termékének forró vízből való közvetlen átkristályosításával nyertünk. A barytsó anyalúgijából kihülés után sem váltak ki másalakú vagy színű kristályok — mint ahogy azt a salicylsav esetében tapasztalhatjuk — ami tehát szintén amellet bizonyít, hogy a guajakolkarbonsav nitrálásánál — a teoriával és eddigi tapasztalatainkkal teljes összhangban — csak egy nitroszármazék keletkezik; izomérek nem képződnek és nem is voltak izolálhatók. Mivel az irodalomból olyan kivételes esetek ismeretesek, melyek szerint a belépő nitrocsoport képes egy már ottlevő és reánézve előnyös helyet elfoglaló substituenst a molekulából kilökni és annak helyére lépni: szükségesnek tartottuk a mi esetünkben is az új nitrosavnak további jellemzését. Legegyszerűbb lett volna egy ZEISEL-féle methoxylmeghatározás; ennek keresztülvitele azonban egyelőre még nehézségekbe ütközvén, nitrosavunknak egy könnyen előállítható és elemezhető származékát választottuk ki erre a

<sup>1</sup> KONEK: l. c.

célra: a nitroguajakolkarbonsav ezüstsóját. Ezt a sót a nitrosavnak ammoniákkal pontosan telített forró vizes oldatából ezüstritráttal kaptuk majdnem szintelen és alig fényérzékeny csapadék alakjában, amelyet szűrés és kimosás után vákuumban teljesen megszárítottunk. Ezt a terméket használtuk fel elemzésre oly módon, hogy kvarctégelyben óvatosan elégettük és a visszamaradt színezüstöt mértük:

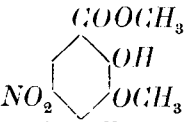
0.3404 gr ezüstsó adott 0.1132 gr színezüstöt, ebből

Talált — — — Ag = 33.25 %;

a  $C_8H_6O_6NaAg$  képletből Számított — — — Ag = 33.75 %.

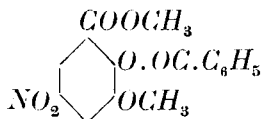
Abban az esetben, ha a methoxycsoport a rendkívül erőlyes nitrálás folytán és folyamán a molekulából eliminálódott volna, illetve a nitrocsoport által lett volna helyettesítve, az ezüstsóban nem 33.75, hanem 37.59, azaz 4%-al több ezüstöt kellett volna találni. Ezen amalétikai eredmény, továbbá a substitúciós szabályok és tapasztalati tények alapján nitrosavunk csak az «5-nitro-3-methoxy-salicylsav» lehet.

### 3-Methoxy-5-nitro-salicylsavmethylester.

 A nitrosav eszterifikációja rendkívül könnyen és gyorsan folyik le, ha például 1 gr-ot feloldunk körülbelül 20 cm<sup>3</sup> száraz sósavgázzal telített methanolban és az oldatot visszafolyó hűtőn  $\frac{1}{2}$ —1 óráig forraljuk. Kihülés után az oldat csakhamar halványsárga kristályos tömeggé merevedik; szűrőre gyűjtjük és forró methanolból — amelyben eléggé nehezen oldódik — kristályosítjuk. Az új vegyület finom összecsomósodott tűk alakjában rögtön kiválik. Állandó olvadáspontja 137.5—138.5°. Mutatja a nitrofenolok karakterisztikus reakcióját; ha kristályait óraüvegen nátronlúggal megnedvesítjük, azonnal narancsvörös intenzív színt öltenek, annak jeléül, hogy nitrofenolnatrium keletkezett.



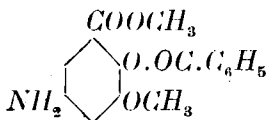
### 3-Methoxy-5-nitro-benzoylsalicylsavmethylester.



A nitroguajakolkarbonsavester benzoylálása — dacára annak, hogy a benzoylálendő hydroxylesoport mindkét orthohelyzete substituenssek által el van foglalva — aránylag könnyen és quantitativ lefolytatható; kivételt képez tehát a VIKTOR MEYER-féle «térbeli akadályoztatásról» szóló szabály vagy hipotézis alól.

A műveletet egyszerűen úgy végeztük, hogy a nitroestert kislefeleslegű benzoylchloriddal paraffinfürdőben néhány órán át 150—160°-ra hevítettük. Sósavkatalizátort — pyridint vagy chinolint — nem alkalmaztunk. A sósavgázfejlődés magától is megindul és alábbhagyásával jelzi a reakció befejeztét. Az olajos reakciótermék magától még hosszú állás után sem szilárdul meg; ha azonban bikarbonátos vízzel hosszabb ideig maceráljuk, végre mégis megszilárdul. Ha a feleslegben volt benzoylchlorid szaga eltűnt, leszűrjük, levegőn és kénsavexsikatorban teljesen megszárítjuk és forró methanolból — amelyben nehezen oldódik — átkristályosítjuk. Eleinte wawellithszerűen csoportosult finom tűalakú kristályok képződnek, amelyek egy-két nap múlva hosszú gyémántfényű prizmákká nővik ki magukat. Olvadáspontjuk nem éles, 112 és 118° közti intervallumban fekszik, ami a molekula nagyságával, a benzoésav lehasadásával magyarázható. Kristályai nátronlúggal megnedvesítve szintelenek maradnak és nem mutatják a nitrofenolok karakterisztikus narancsvörös színeződését; jeléül annak, hogy a phenolhydroxyl a benzoylgyök által teljesen közömbösítettet vagyis esterré alakítottatott. Ha a kristályok hosszabb ideig maradnak nátronlúggal érintkezésben, akkor már közönséges hőmérsékleten is eleinte halovány, majd sötétebb-sárga színt öltenek, s végül külsejük már nem különböztethető meg az eredeti, nem benzoylált nitroguajakolkarbonesternek nátronlúg által megfestett kristályaitól. Ez a magatartás úgy magyarázható, hogy a nátronlúg idővel leszakítja a benzoylgyököt a phenol hydroxylesoportjáról és annak a helyére lép. Ez a nátronlúgpróba tehát egész általánosságban éles kontrollreakcióul szolgálhat nitrofenolszármazékoknak különböző savgyökökkel történt éterifikáció fokának az elbírálására.

### 3-Methoxy-5-amino-benzoylsalicylsavmethylester.



A nitróester redukcióját a megfelelő aminosavvegyülettel úgy végeztük, mint fentebb leírt izomérjének az esetében. Egy gr-ot oldottunk belőle száraz sósavgázzal telített methylalkoholban és 40–50°-nál a theoretikusnál valamivel több ón granáliát adagoltunk az oldatba. A redukció befejeztével, hosszabb állás után az oldatban kristályok jelentkezték, színe pedig violavörös lett. A kristályokat elkülönítve methanolban oldottuk; de csak az oldószer elpárolgása után nyertünk egy halványzürke, finom kristályokból álló tömeget, amely közelebb megvizsgálva, egy primér aminchlorhydrát reakcióit mutatta; nevezetesen: salétromsavval megsavanyított vizes oldata  $AgNO_3$ -al erős chlorezüstcsapadékot, nitrítel és  $\beta$ -naphtollal pedig narancsvörös azofestéket adott; szóval nem lehetett más, mint a keresett «5-amino-3-methoxy-benzoylsalicylsavmethylester». A nyelvre hozva határozott anesztetikai hatást fejt ki, mely azonban — eddigi tapasztalataink szerint — gyengébb, mint fentebb leírt izomérjének az esetében, amely abban különbözik tőle, hogy az aminos csoportot nem a salicylsavban, hanem a benzoylmaradékban tartalmazza. Egyelőre csak az konstatálható, hogy a methoxylcsoport belépése nem rontja le az amino-benzoylsalicylsavester fiziológiai hatását — amint azt már a theoretikus bevezető részben is kifejtettem — hogy más és milyen irányban gyakorol-e befolyást az összmolekula hatására: ezt eldönteni későbbi vizsgálatok lesznek majd hivatva.

### Egy új substituált, a 3-æthoxy-salicylsav.

Ennek az új substituált-salicylsav előállításának történetéhez, magyar vonatkozások is fűződnek, amennyiben a készítésének alapját képező «pyrocatechinmonoæthylæther»-t THAN KÁROLY egyet. laboratóriumában akkori asszistense KARLOVSZKY GEYZA állította először elő pyrocatechinből és æthylkénsavas káliumból. Jelenleg a «Chemische Fabrik von HEYDEN, Radebeul

Dresden» készíti saját szabadalmazott eljárása szerint és «ajacol» elnevezése alatt forgalomba is hozza. A MERK darmstadti cég árjegyzékeiben «guätol» néven szerepelt egy ideig. Mivel ez a vegyület a phenol és a phenetol antiseptikus és baktericid tulajdonságait egyesíti magában, felhasználható ilyen hatású gyógyszerkülönlegességek előállítására. Indítványomra a v. HEYDEN cég előállította az «ajacolsulfosavas káliumot és calciumot», amelyek a korrespondeáló guajacolszármazékok helyett használhatók expektorans és egyéb gyógyszerpörök készítésére. Az ajacol-származékok közül azonban karbonsavja, még pedig az izomerek közül az érdekelt a legjobban, amely a karboxylt ortho helyzetben tartalmazza a szabad phenolhoz, szóval egy substituált salicylsav. Abból a feltevésből kiindulva, hogy a pyrocatechinmonoetiléter a KOLBE-SCHMIDT-féle szintézisnél úgy fog viselkedni, mint maga a karbolsav, ajánlatot tettem a v. HEYDEN cégnek, az ajacol karbonizálására. A probléma technikailag keresztülvihetőnek bizonyult és egy «ajacolecarbonsavhoz» vezetett, amely nem más, mint a várt «3-ætoxi-salicylsav», immár 3. képviselője az ilyen gyök által substituált, a theoria szerint várható négy izomér salicylsavnak<sup>1</sup> és legközelebbi magasabb homologja a már régebben ismert 3-methoxy-salicylsavnak vagy guajakol-karbonsavnak.

A technikai termék, amely eddig csak korlátozott mennyiségben állt rendelkezésemre forró vízből -- amelyben nehezebben oldódik, mint alacsonyabb homologja -- hosszú, majdnem színtelen tüalakú kristályokban jegecedik, amelyek élénken emlékeztetnek a salicylsav kristályhabitására. Olvadáspontjuk  $157^{\circ}$ ; tehát magasabb, csaknem  $10^{\circ}$ -al, mint a methoxysavé, amelynek forró vízből kapott kristályai  $148^{\circ}$ -nál olvadnak. Itt egy kivételes

<sup>1</sup> Az irodalomban a theoria szerint várható négy izomér æthoxysalicylsav közül kettő már ismeretes; az egyiket, a 4-æthoxysalicylsavat GREGOR (M. 16. 891.) és PERKIN (Soc. 67. 996.) állították elő  $\beta$ -resorcylsavból; a másikat, az 5-æthoxysalicylsavat KOSTANECKI és TAMBOR készítették (M. 16. 921.) gentisin- vagy hydrochinonkarbonsavból. Az általam előállított és fentebb jelzett 3-æthoxysalicylsav képviseli a 3. izomért, míg a negyedik és utolsó izomér eset, a 6-æthoxysalicylsav, mely úgy is fogható fel, mint a  $\gamma$ -resorcylsav monoæthylæthere az irodalomból még hiányzik, vagyis ez idő szerint még ismeretlennek tekintendő.

esettel állunk szemben, amennyiben rendszeren a metyléterek- és estereknek magasabb szokott lenni az olvadáspontjuk, mint a korrespondeáló etilszármazékoké. Az új substituált salicylsav vaschloridreakciója is nagyon emlékeztet a salicylsavéra, de az ibolyától inkább a kékesbe hajló.

Az æthoxygyöknek befolyását a fiziológiai hatásra szándékozom főleg az új savban és származékaiban tanulmánytárgyává tenni; nevezetesen ennek a gyöknek a befolyását az úgynevezett salicylismusra, a salicylsavnak a szívre gyakorolt hatására; továbbá szerepét az érzéstelenítő hatást kifejtő salicylsavszármazékokban, mint ahogy azt fentebb a 3-methoxy-salicylsav esetében kifejtettem.

Remélem, hogy ilyen irányú kutatásaimról, illetve azok eredményeiről nemsokára jelentést tehetek.

---

(A M. T. Akadémia III. osztálya 1929. évi június hó 3.-án tartott üléséből.)

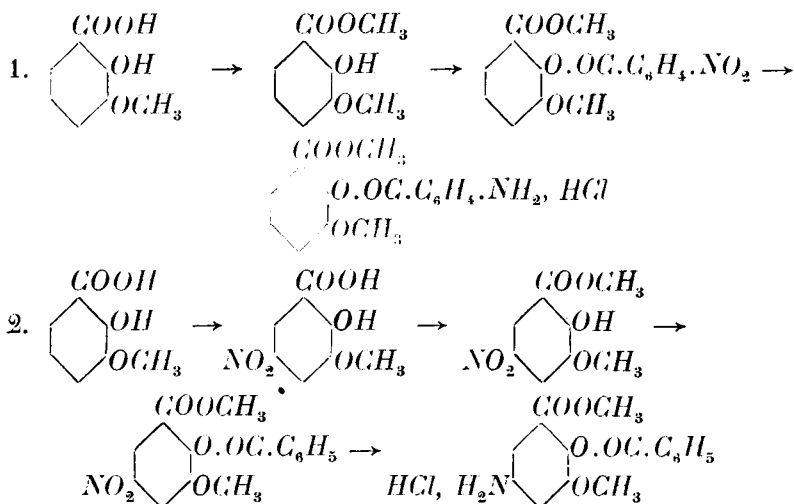
## LOKALANÄSTHETISCHE SYNTHESSEN.

(Über einige neue Derivate der 3-Methoxy-salicyl- oder Guajacolcarbonsäure.  
Eine neue substituierte, die 3-Aethoxy-Salizylsäure und ihre Darstellung.)

(Vorläufige Mitteilung.)

Von korresp. Mitgl. FRITZ von KONEK.

In weiterem Verfolg seiner diesbezüglichen synthetischen Versuche<sup>1</sup> hat Vortragender nun auch ein Isomeres der Vanillinsäure, die 3-Methoxy-salicylsäure in die entsprechenden Aminobenzoyl-ester übergeführt und konnte an diesen Beispielen konstatieren, dass sie als echte Salizylsäure-derivate bestimmte Lokal-anästhesie bekunden; der Einfluss der Methoxylgruppe springt hierbei nicht sehr in die Augen. Nach gewohnten synthetischen Gang wurden folgende neue Verbindungen dargestellt:



<sup>1</sup> Litteratur: Letzte Mitteil. über dieses Thema: KONEK, Math. és Természettud. Ért. XLV. 514. Verhand. Deutsch. Naturforsch. Versaml. Hamburg 1928.

KONEK—PACSU: Ber. deutsch. Chem. Ges. 51. 855. (1918).

Zwecks eingehender physiologischer Untersuchung müssen die neuen Aminoester erst in grösserer Menge dargestellt werden.

Die 3-Aethoxy-salicylsäure -- die dritte Vertreterin dieser Klasse<sup>1</sup> -- wurde auf Anregung des Vortragenden von der Chemischen Fabrik von HEYDEN, Radebeul-Dresden durch Karbonisiren ihres «Ajacols» oder Pyrocatechinmonoäthyläthers dargestellt. Das techn. Produkt krystallisirt aus kochendem Wasser in schönen, fast farblosen, der Salicylsäure täuschend ähnlichen nadelförmigen Krystallen, welche bei 157°, also fast 10° höher als ihr niedrigeres Homologe, die 3-Methoxy-salicylsäure, schmelzen. Vortragender erblickt hierin eine Ausnahme von der ziemlich allgemein gültigen Regel, dass nämlich Methyläther und ester für gewöhnlich höher schmelzen als die entsprechenden Aethylverbindungen. Die Eisenchloridreaktion der neuen Salizylsäure weicht von Violett mehr gegen Blau ab. Der Vortragende will an der 3-Aethoxy-salicylsäure und ihren Derivaten den Einfluss der Aethoxylgruppe auf die physiologische Wirkung studiren und stellt verschiedene diesbezügliche Synthesen in Aussicht.

---

<sup>1</sup> In der Litteratur finden sich die 4- und 5-Aethoxysalizylsäuren beschrieben. Das 4. und letzte Isomere, die 6-Aethoxysalizylsäure, die den monoethyläther der  $\gamma$ -Resorcyssäure darstellt, scheint derzeit noch unbekannt zu sein, da in der Litter. nicht auffindbar war.

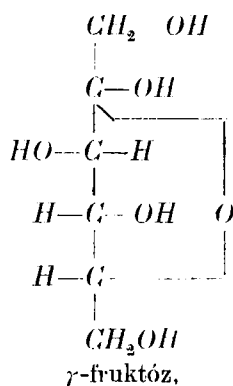
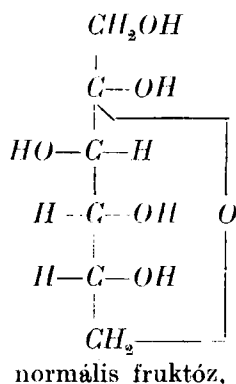
---

(Vorgelegt der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften,  
in der Sitzung v. 3. Juni 1929.)

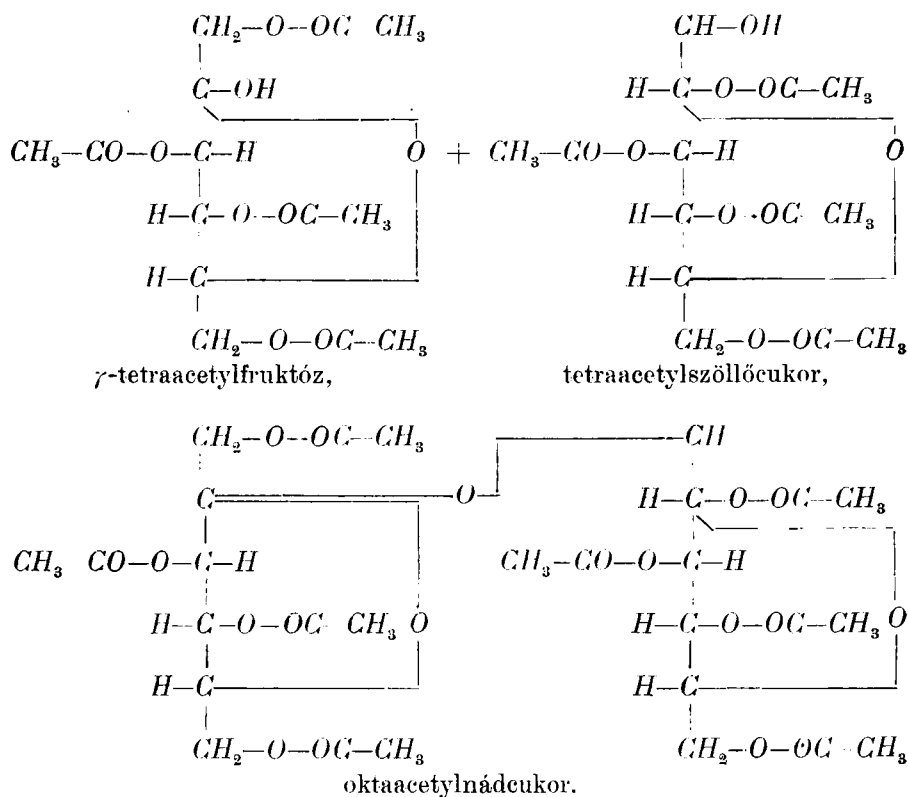
## A PICTET-FÉLE ÁLLÍTÓLAGOS NÁDCUKOR- SZINTÉZISRŐL.

ZEMPLÉN GÉZA r. tagtól.

1928 elején PICTET és VOGEL<sup>1</sup> szerzőktől egy nádcukor-szintézis leírása jelent meg. A szintézis alapját az szolgáltatja, hogy bebizonyosodott, hogy a nádcukorban kötött állapotban levő fruktóz nem normális szerkezetű fruktóz, hanem úgynevezett  $\gamma$ -forma. Ennek a  $\gamma$ -fruktóznak tetraacetylvegyülete nyerhető ki a normális forma mellett, hogyha fruktózt lehetőleg alacsony hőmérsékleten acetyllezünk. PICTET-ék ezt a tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózt bírták állítólag tetraacetylszőlőcukorral foszforpentoxid hatására víz keletkezése mellett kondenzálni és egy reakciókeverékhez eljutni, amelyből kikristályosodott a nádcukor oktaacetylvegyülete. A reakció lefolyása a következő szimbolumoknak megfelelő lenne:



<sup>1</sup> AMÉ PICTET és HANS VOGEL *Helvetica chimica: acta* 11, 436 [1928].



A fruktóz acetylezése és a reakciótermék feldolgozása alkalmával már észre lehetett venni, hogy a PICTER-féle leírás nem felel meg a valóságos helyzetnek. Szerintük a tetraacetyl  $\gamma$ -fruktóz azon tulajdonsága alapján különíthető el, hogy éterben nehezen oldható. Ellenben a ténylegesen elkülöníthető tetraacetyl  $\gamma$ -fruktóz abszolút éterben is minden arányban oldható. Nem tudtam elérni a PICTER-ék által megadott alacsony forgatóképességet sem, azonban a termékeink olyanok voltak, hogy a PICTER-ék által megadott forgatóképességet alapul véve, a készítmények legalább is 90%-nyi tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózt tartalmaztak.

Ami a foszforpentoxidos kondenzációt illeti, itt arra az eredményre lehet jutni, hogy kereken 10–15%-nyi diszacharidképződés megy végbe. Azonban ez a diszacharidképződés összegé-



nek felel meg többféle diszaccharidképződésnek, amely hasonló alapon nemcsak a tetraacetyl  $\gamma$ -fruktóz és tetraacetylszőlőcukor, hanem a két kiindulási anyagnak magának a kondenzációja alkalmával létrejön, és tekintetbe véve azt, hogy minden esetben az  $\alpha$  és  $\beta$ -formák egyidejűleg keletkezhetnek, ez azt jelenti, hogy a kétféle kiindulási anyagon kívül a végtermékben még 9 diszaccharid lehet jelen. A 9 diszaccharid együttvéve adja ki a  $10-15^\circ$ -át a reakciókeveréknek. Ha ebből a reakciókeverékből a nádcukrot lehet elkülöníteni acetylvegyülete alakjában kristályosan, az igazán nagy szerencsének volna mondható. A kondenzációs kísérletek arra az eredményre vezettek, hogy a legkülönbözőbb módon végezve a reakciókeverék feldolgozását, sohasem lehetett oktaacetyl nádcukrot kinyerni. További kísérleteket abból a szempontból végeztem, hogy lehet-e elkülöníteni olyan reakciókeverékből, amely 50% oktaacetyl nádcukrot és 50% tetraacetylglükózt, illetőleg 50% tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózt tartalmaz, a nádcukrot. Az eredmény itt is teljesen negatív volt.

Ezek alapján a PICTET—VOGEL-féle kísérletek nem reprodukálhatónak bizonyultak.

IRVINE<sup>1</sup> és a munkatársainak vizsgálatai arra az eredményre vezettek ugyancsak, hogy a PICTET-féle körülmények között nem különíthető el a nádcukor.

#### A KÍSÉRLETEK LEÍRÁSA.

##### Tetraacetyl $\gamma$ -fruktóz előállítás.

Az acetylezés lényegében úgy, mint azt PICTET-ék is végezték, a HUDSON és BRAUNS-féle<sup>2</sup> előírás alapján történt.

Az összes acetylezésekhez használt anyag: THEODOR SCHUCHARDT [Görlitz], Puriss. cryst. jelzésű. Ezt finoman porítva vákuumexszikátorban szárítottam acetylezés előtt.

A számos végrehajtott kísérlet közül példaképpen szerepeljenek a következők.

<sup>1</sup> I. C. IRVINE, I. W. N. OLDMANN és A. F. SKINNER: Journ. Soc. Chem. Ind. 47. 494 (1928).

<sup>2</sup> HUDSON és BRAUNS: Journ. American Chemical Society 37, 2736 [1915]. Chem. Zentralblatt, 1916, I. 604.

I. 20 g fruktózt 100 cm<sup>3</sup> 0° alá hűtött vegytiszta ecetsav-anhidriddel és 3 g vízmentes cinkkloriddal félóráig 0°-on keverünk. Utána félóra hosszát 10°-on, 15—20° között pedig addig, míg a fruktóz mind oldatba nem megy. Most 100 cm<sup>3</sup> vizet adunk a reakciókeverékhez és jég-hűtés mellett motorral keverjük, amíg az anhidrid el nem bomlik, ami néhány órát vesz igénybe. A sav nagyrészt nátriumbikarbonáttal semlegesítjük és az oldatot 3-szor 50 cm<sup>3</sup> kloroformmal kirázzuk, a kloroformos oldatot savmentessé mossuk, klórcalciummal szárítjuk, szűrjük és csökkentett nyomás mellett hig olajra pároljuk be. Ebből hamarosan megindul a normális tetraacetát kiválása, sőt egészen megdermed az olaj. Egynapi állás után leszivatjuk; a szűrőn maradt anyag alapos leszivatás után 13·8 g.

A normális tetraacetát éterben nem oldódik. A fenti kásás anyagból 3 g-ot 10 cm<sup>3</sup> abszolút éterben dörzsölünk el, leszivatjuk és 10—15 cm<sup>3</sup> abszolút éterrel utánamossuk. Vákuum-exszikkátorban megszáritva következő adatokat szolgáltatja:

*Forgatóképesség:*

$$[\alpha]_D^{25} = - \frac{14 \cdot 7994 \times 4 \cdot 47}{1 \cdot 4852 \times 0 \cdot 5128} = - 86 \cdot 8^{\circ}, \text{ kloroformban.}$$

Az éteres anyalúg az éter lehajtása után világossárga olajat szolgáltatott, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{25} = - \frac{15 \cdot 9746 \times 1 \cdot 01}{1 \cdot 4684 \times 0 \cdot 8756} = - 12 \cdot 5^{\circ}, \text{ kloroformban.}$$

A fenti kloroformos anyalúgot 20 cm<sup>3</sup> abszolút éterben oldjuk, amikor az utólag kivált kristályok oldatlanul visszamaradnak. Szűrés, bepárlás és vákuumon 40°-on való szárítás (kb. 2 órán át) után 5 g világossárga olajat kaptunk, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{28} = - \frac{15 \cdot 8804 \times 0 \cdot 63}{1 \cdot 4796 \times 0 \cdot 8646} = - 7 \cdot 8^{\circ}, \text{ kloroformban.}$$

★

II. 10 g fruktózt 50 cm<sup>3</sup> 0° alá hűtött vegytiszta ecetsav-anhidriddel és 1 gr vízmentes cinkkloriddal turbinázunk higany-

zárás keverővel:  $\frac{1}{2}$  óráig  $0^\circ$  körül,  $\frac{1}{2}$  óráig  $10^\circ$ -on,  $10-15^\circ$  között, míg a fruktóz fel nem oldódik. A további feldolgozás ugyanolyan, mint az I. kísérletnél.

A kloroformos oldat bepárlásánál kapott olajat  $5\text{ cm}^3$  abszolút éterben oldva beoltjuk normális tetraacetáttal és egy éjjelen át állni hagyjuk. Leszivatás, az éter elhajtása (vákuumon  $40^\circ$ -on) után kapott olaj forgatóképessége a következő:

$$[\alpha]_D^{24} = - \frac{16.3428 \times 0.55}{1.4674 \times 0.8714} = - 7.0^\circ, \text{ kloroformban.}$$

\*

III. 20 g fruktózt  $100\text{ cm}^3$   $0^\circ$  aláhűtött vegytiszta ecetsav-anhidriddel és 20 g vízmentes cinkkloriddal acetylezünk ugyanúgy, mint az I. kísérletnél. A feldolgozás is ugyanaz.

A kloroformos oldat bekonzentrálása után kapott olajból kristályok nem válnak ki beoltásra sem. Az éter tökéletes elűzése után 15 g olajat kapunk, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{24} = - \frac{23.097 \times 1.27}{1.4781 \times 0.6590} = - 30.1^\circ, \text{ kloroformban.}$$

Az olajat feloldjuk  $25\text{ cm}^3$  abszolút éterben és  $10\text{ cm}^3$  abszolút benzint adunk hozzá. Két réteget kapunk. A felső éteres oldatot leöntjük az alsó olajról. Az olajat oldjuk  $20\text{ cm}^3$  abszolút éterben és  $5\text{ cm}^3$  abszolút benzint adunk hozzá. Újból két réteget kapunk. Dekantálás után a két éteres oldatot egyesítjük, vákuumon az étert és benzint lehajtjuk, éterrel eltávolítjuk a benzin nyomait. Teljes lehajtása után 5.3 g olajat kapunk, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{24} = - \frac{15.5052 \times 2.10}{1.4746 \times 0.7664} = - 28.8^\circ, \text{ kloroformban,}$$

A frakcionálás e szerint az eredménynek nem használ.

\*

IV. 10 g fruktózt  $80\text{ cm}^3$  vegytiszta  $0^\circ$ -ra hűtött ecetsav-anhidriddel és 20 g vízmentes cinkkloriddal turbinázunk higanyszűrővel:  $\frac{1}{2}$  óráig  $0^\circ$ -on,  $\frac{1}{2}$  óráig  $10^\circ$ -on és  $10-15^\circ$

között kb. 1 óráig. További feldolgozása olyan, mint az I. kísérletnél. 11 g világossárga olajat kapunk, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{24} = \frac{15.5028 \times 2.80}{1.4779 \times 0.7744} = -37.9^\circ, \text{ kloroformban,}$$

★

V. 100 gr fruktózt 500 cm<sup>3</sup> vegytiszta ecetsavanhidriddel turbinázunk jég hűtéssel, míg 0°-ra hűl le, ekkor 10 gr vizmentes cinkkloridot adunk hozzá. A további keverést a következőkép végeztük: 1/2 óráig 0°-on, 3/4 óráig 10°-on, 1 óra alatt emeljük a hőmérsékletet 10—15°-ra, 1/2 óra alatt 15—18°-ra. Ezalatt a fruktóz oldatba megy. Újra lehűtjük 0°-ra, hozzáadunk 500 cm<sup>3</sup> vizet és turbinázzuk jég hűtés mellett, míg az anhidrid el nem bomlik. A további eljárás ugyanolyan, mint az I. kísérletnél: semlegesítés, nátriumbikarbonáttal, kloroformos kirázás, a kloroformos oldat mosása, szárítása, szűrése, bekonzentrálása.

Egy éjszakai állás után megdermed a kloroformos olaj a kivált normális tetraacetáttól. Ez jó leszivatás után 62 g. Az olaj 39 g.

Az olajat 30 cm<sup>3</sup> abszolút éterben oldva beoltjuk, normális tetraacetáttal. Másfél nap alatt 10 g normális tetraacetát vált ki (jó leszivatás után mérve). A leszivatott olajat kevés abszolút éterben oldjuk, szűrjük és vákuumon lehajtjuk az étert 40°-on. A készítmény forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{27} = - \frac{15.7952 \times 0.80}{1.4775 \times 0.8208} = -10.4^\circ, \text{ kloroformban.}$$

Újra oldjuk 30 cm<sup>3</sup> abszolút éterben és 1 1/2 hétig hagyjuk állni beoltva normális tetraacetáttal. Ezalatt egészen besűrűsödik az oldat. 0.4 gr anyag vált ki. Az anyalúg bekonzentrálás után következő forgatóképességét mutatja:

$$[\alpha]_D^{25} = - \frac{15.1972 \times 1.05}{1.4693 \times 1.0134} = -10.7^\circ, \text{ kloroformban.}$$

★

VI. 20 g fruktózt turbinázunk 100 cm<sup>3</sup> vegytiszta ecetsavanhidriddel jég-hűtés mellett, míg 0°-ra hűl. Ezután 2 g vízmentes cinkklorid hozzáadása után 1/2 óráig 0°-on, 1/2 óráig 10°-on keverjük tovább. 6·5 gr jól leszívott normális tetraacetát vált ki az első kristályosításnál. Másodszor egy napi állás után éteres oldatból 1·5 g vált ki. A beszárított anyagúg forgatóképessége következő volt:

$$[\alpha]_D^{40} = - \frac{15 \cdot 4770 \times 0 \cdot 90}{1 \cdot 4694 \times 0 \cdot 9336} = - 10 \cdot 16^\circ, \text{ kloroformban.}$$

10–12 napi állás alatt még válik ki kevés normális tetraacetát, amelynek eltávolítása után az olaj forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{34} = - \frac{15 \cdot 2570 \times 0 \cdot 32}{1 \cdot 4770 \times 0 \cdot 4238} = - 7 \cdot 28^\circ, \text{ kloroformban.}$$

0·5 g  $\gamma$ -acetátot kaptunk.

★

VII. Az előbbi kísérletet megismételtük 75 g fruktózzal. Kaptunk 20 g éterrel mosott, szárított normális tetraacetátot. A mosóétert egyesítettük a  $\gamma$ -acetát oldatával. Végül nyertünk 13·5 g  $\gamma$ -acetát olajat következő forgatóképességgel:

$$[\alpha]_D^{18} = - \frac{16 \cdot 0888 \times 0 \cdot 53}{1 \cdot 4891 \times 0 \cdot 6880} = - 8 \cdot 3^\circ, \text{ kloroformban.}$$

★

VIII. 200 g fruktózt acetylezünk meg 1000 cm<sup>3</sup> vegytiszta ecetsavanhidriddel turbinázva jég-hűtés mellett, míg 0°-ra hűlt le, ezután 18 g vízmentes cinkkloridot adva hozzá 2 óráig turbinázzuk 0°-on, 1 óráig áll 0°-on turbinázás nélkül, ezután még 2 óráig turbinázzuk ugyancsak 0°-on. Kivált 78 g normális tetraacetát, éterrel mosott, szárazon mérve.

Az anyalugban foglalt  $\gamma$ -tetraacetát forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{19^\circ} = -\frac{18.0164 \times 0.51}{1.4888 \times 1.0436} = -6.11^\circ, \text{ kloroformban.}$$

50—60 cm<sup>3</sup> abszolút éterben oldjuk, három napig hagyjuk állni, a másodszor kivált kevés kristályról leszűrve 25 g  $\gamma$ -tetraacetátot nyertünk ki, melynek forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{20^\circ} = -\frac{19.2636 \times 0.58}{1.4832 \times 1.2926} = -5.83^\circ, \text{ kloroformban.}$$

\*

### Kondenzációs kísérletek.

A számos végzett kísérletek közül például szolgáljanak a következők:

I. 2 g-7.8° forgatóképességgel ellátott  $\gamma$ -tetraacetátot és 2 gr tetraacetylglükózt oldunk 50 cm<sup>3</sup> abszolút kloroformban. Kevés vízmentes cinkkloriddal rázatjuk 2 órán át. Erről leöntjük és 2 gr foszforpentoxiddal rázatjuk 15 órán át. Ennek leteltével az oldatot leöntjük a ragacsossá vált és megbarnult pontoxidról, vízzel savmentessé mossuk, szűrjük és csökkentett nyomás mellett szárazra pároljuk. A maradékot kb. 8 cm<sup>3</sup> alkoholban oldjuk és kristályosodásra tesszük el. Semmi sem vált ki. Kb. 3 heti állás után kevés szilárd rész mellett olaj is vált ki. Erről leöntjük az oldatot, az olajat pedig 7 cm<sup>3</sup> alkoholban oldjuk. Rövid időn belül semmi sem válik ki. Csak 3 hét múlva jelenik meg kevés fehér, részben kristályos anyag. De ez már desacetylezett termék: glükóz. Olvadáspontja 140°; íze, oldhatósága is arra vall, az oldat pedig etilacetát szagú.

\*

II. 8 g tetraacetylglükózt és 8 g  $\gamma$ -tetraacetylfruktózt ( $[\alpha]_D = 10.5^\circ$ ) oldunk 200 cm<sup>3</sup> abszolút kloroformban. 1 g vízmentes cinkkloriddal rázatjuk 1 óra hosszát. Újabb 1 g cinkkloriddal további 1 órán át rázatjuk. Leöntve a cinkkloridról, 8 g

foszforpentoxiddal rázatjuk 15 óra hosszat. A megtisztított kloroformos oldatot csökkentett nyomás mellett bepároljuk és abszolút alkohollal kloroformmentesítjük. A maradékot 25 cm<sup>3</sup> alkoholban oldjuk. Egy nap alatt igen kevés anyag válik ki belőle. Alkoholból átkristályosítjuk, de oly kevés, hogy még olvadáspont meghatározásra sem elég.

A szüredéket 23 cm<sup>3</sup> alkohollal hígítjuk és két részre osztva, mindegyikhez 2-2 cm<sup>3</sup> vizet adunk. Az egyik mintát beoltjuk a fenti anyaggal: kristályosodás nincs, csak hosszabb idő múlva kevés pelyhes kiválás; az anyag desacetyleződik.

\*

III. 4 g tetraacetylglükóz és 4 g tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózzal végezzük a kondenzációt az előbbi kísérlet mintájára.

A kloroformos oldatból kapott és kloroformmentesített olajat 20 cm<sup>3</sup> alkoholban oldjuk.

0.5 cm hidrolízis előtt 19.85 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt 126.2 mg  $Cu$ . 0.5 cm<sup>3</sup> hidrolízis után (2%  $HCl$  1.15 pere) 22.94 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt 145.8 mg  $Cu$ . A különbség 19.6 mg  $Cu$  megfelel 9.5 mg invertcukornak megfelelő nádcukornak. Ez 8 g anyagra számítva, 4.75% invertcukornak megfelelő nádcukor.

3 g olajat 3 g vízmentes nátriumacetáttal és 15 g ecetsav-anhidriddel megacetylezünk. 1 órai vízfürdőn való melegítés után 50 cm<sup>3</sup> vízbe öntjük. Két nap múlva kristályok válnak ki. Igen kevés. Vízből átkristályosítjuk. Olvadáspontja 130°; a pentaacetylszőllőcukornak megfelelő.

\*

IV. 4 g tetraacetylglükózt és 4 g tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózt ( $[a]_D^{20} = 10.5^\circ$ ) 100 cm<sup>3</sup> abszolút kloroformban rázatunk 0.5 g vízmentes cinkkloriddal 1 óra hosszat, újabb 0.5 gr cinkkloriddal 1/2 óra hosszat és 4 gr foszforpentoxíddal 14 óra hosszat úgy, hogy a cinkkloridot is benne hagyjuk a reakciókeverékben. A további menet ugyanaz, mint az előző kísérleteknél. 6 g olajat kaptunk. Ezt éterral 3 frakcióra bontottuk:

10 cm<sup>3</sup> éterrel kezelve —————> oldat I.

↓  
olaj 10 cm<sup>3</sup> éterrel kezelve → oldat II.

↓  
olaj III. 2·2 g.

III. jelzésű olajat 7 cm<sup>3</sup> alkoholban oldottuk, de kristályokat nem kaptunk belőle.

I. jelzésű oldatról lehajtottuk az étert: 1·5 g. Oldjuk 20 cm<sup>3</sup> abszolút alkoholban. 1 cm<sup>3</sup> hidrolízis előtt 5·82 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt = 37·0 mg  $Cu$ . Hidrolízis után 1 cm<sup>3</sup> (2%  $HCl$ ; 1·15 perc) fogyaszt 9·15 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t = 58·2 mg  $Cu$ . A különbség: 21·2 mg  $Cu$  megfelel 10·2 mg invertcukornak. 1·5 g anyagra számítva, 13·6% invertcukornak megfelelő nádcukor.

Sem az I., sem a III. jelzésű anyagból nem kaptunk kristályokat.

★

V. 17 g tetraacetylglükózt (op. 122°) és 17 g tetraacetyl  $\gamma$ -fruktózt ( $[\alpha]_D = -9·04^\circ$ ) oldunk 400 cm<sup>3</sup> abszolút kloroformban. 1 gr vízmentes cinkkloriddal rázatjuk 2 órán át, újabb 1 g cinkkloriddal 1 órán át. A reakciókeverékhez 4 g foszforpentoxidot adva 3 órán át rázatjuk, leöntve erről újabb 4 g pentoxiddal 5 órán át, újabb 4 g pentoxiddal 5 1/2 órán át, és végül ismét újabb 4 gr pentoxiddal 1 1/2 órán át, az utóbbi két esetben is leöntve a régi pentoxidról.

A megtisztított kloroformos oldatot bekonzentráljuk és abszolút alkohollal kloroformmentesítjük. A maradékot 30 g vízmentes nátriumacetát- és 150 cm<sup>3</sup> ecetsavanhidriddel megacetylezzük. 1 óráig vízfürdőn melegítjük, utána 375 cm<sup>3</sup> vízbe öntjük. Egy éjszakán át semmi sem válik ki belőle. Megszűrjük és 3  $\times$  100 cm<sup>3</sup> kloroformmal kirázzuk. A kloroformos oldatot savmentessé mosuk, megszáritjuk, bepároljuk és abszolút alkohollal elűzzük a kloroformot. Az olajat oldjuk 35 cm<sup>3</sup> éterben.

15 cm<sup>3</sup> benzinnel (forráspont 80—100°) két réteget kapunk. Egy éjszakán át való állás után az alsó rész bekristályosodik. Dekantáljuk a felső, az «1» jelzésű oldatot. A kristályos részt 25 cm<sup>3</sup> éterrel leszivatjuk. A kristály: «2», a mosóéter: «2<sub>1</sub>».



A «2» jelzésű anyagot (5 g) 50 cm<sup>3</sup> éterrel főzzük ki. Az oldathoz 5 cm<sup>3</sup> benzint adunk. Két nap múlva leszivatjuk a kivált kristályokat, éterrel mossuk, megszárítjuk: «2<sub>a</sub>».

Az éteres kifőzés maradékát 10 cm<sup>3</sup> benzolban oldjuk és 5 cm<sup>3</sup> benzint adunk hozzá. Két nap múltán leszivatjuk a kristályokat, benzinnel mosva megszárítjuk: «2<sub>b</sub>».

«1» jelzésű oldatból 7 g olajat kaptunk. Hidrolízis előtt 0.986 g fogyaszt 7.39 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t = 47 mg Cu. Hidrolízis után (2 óra, 15 perc) 0.1204 g 13.77 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt = 87.5 mg Cu. Ezek alapján 12.2% az invertcukornak megfelelő kondenzációs termék az olajban.

«2<sub>l</sub>» jelzésű oldatból 8.4 g olajat kaptunk. Hidrolízis előtt 0.1050 g 7.54 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt = 48.0 mg Cu. Hidrolízis után (2 óra, 15 perc) 0.1182 g 13.42 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt = 85.3 mg Cu. Ezek alapján 13.0% az invertcukornak megfelelő kondenzációs termék az olajban.

«2<sub>a</sub>» jelzésű anyag 1.6 g. Olvadáspontja 108—109°. Forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{20} = + \frac{16.3982 \times 2.42}{1.4814 \times 0.6708} = + 39.93^\circ, \text{ kloroformban.}$$

Redukálóképessége: 0.1174 g fogyaszt 16.10 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t = 0.054 g glükóz; 46.0% redukció.

Vizes alkoholból átkristályosítjuk. Forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{20} = + \frac{14.9178 \times 1.13}{1.4948 \times 0.3244} = + 34.76^\circ, \text{ kloroformban.}$$

Olvadáspontja: 112°, viszkózusan olvad, 100°-nál zsugorodik. Az anyag pentaacetylfruktóz.

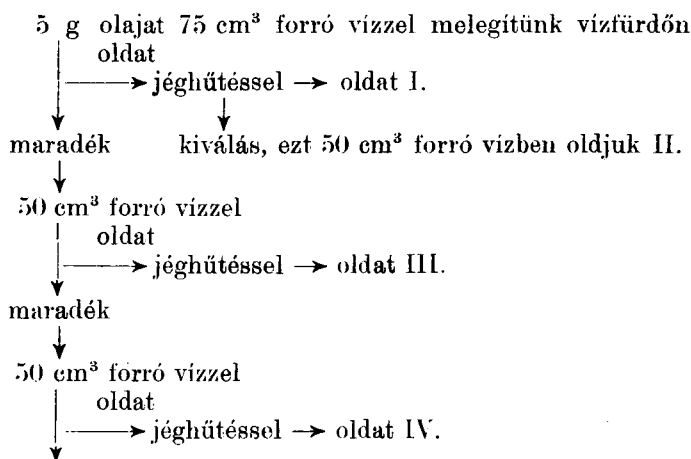
«2<sub>b</sub>» jelzésű 0.8 g. Forgatóképessége:

$$[\alpha]_D^{20} = + \frac{18.4762 \times 0.27}{1.4886 \times 0.7134} = + 4.70^\circ, \text{ kloroformban.}$$

Olvadáspontja: 127°.

Az anyag tehát nem egész tiszta pentaacetylzsőlőcukor.

«2<sub>l</sub>» jelzésű olajat forró vízzel fracionáljuk.



a maradékot nem kezeljük tovább, mert igen kevés.

Az I. oldat kivételével a többiből nem vált ki semmi. Le-szivatjuk, megszáritjuk. Olvadáspont: 96°. Redukálóképessége: 0.0562 g, fogyaszt 7.75 cm<sup>3</sup> n/10  $KMnO_4$ -t = 0.0248 glükóz; 44.1% redukció szőlőcukorra. Tehát ez is monoszaccharid acetátja.

★

VI. 25 g  $\gamma$ -tetraacetylfruktózt ( $[\alpha]_D = -5.8^\circ$ ) és 25 g tetra-acetylglükózt oldunk 600 cm<sup>3</sup> abs. kloroformban. 3 g vízmentes cinkkloriddal rázatjuk 1 órán át, újabb 3 g-al 2 órán át. 5 g pentoxidot adunk hozzá, ezzel rázatjuk 2 órán át; leöntve a megsöté-tedett, ragacsos pentoxidról újabb, 10 g pentoxidot adunk az oldat-hoz, 7 óra múlva ismét 10 gr-t, ezzel még 7 órán át rázatjuk.

A megtisztított kloroformos oldatot két részre osztjuk, külön bepároljuk és abs. alkohollal mindegyiket kloroformmentesítjük.

Az egyik rész maradéka 20 g olaj. Ezt 20 g vízmentes nátriumacetáttal és 100 cm<sup>3</sup> ecetsavanhidriddel megacetylez-zük. Vízfürdőn 1 óráig melegítjük oldás után. Ezután 250 cm<sup>3</sup> vízbe öntjük. Egynapi állás után nem válik ki semmi. 4  $\times$  50 cm<sup>3</sup> kloroformmal kirázzuk a kloroformos oldatot, savmentessé mos-suk, megszáritjuk, szűrjük és csökkentett nyomás mellett bekon-centráljuk, majd abs. alkohollal kloroformmentesítjük. 15 g maradékot kaptunk, világossárga olaj alakjában.

Oldjuk 20 cm<sup>3</sup> alkoholban. Néhány hét múlva tükristályos anyag válik ki az oldatból. Leszivatjuk, megszáritjuk. Olvadáspontja: 129·5°. Redukálóképesség: 0·1110 g fogyaszt 15·34 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t = 0·0512 g glükóz; 46·1% redukcio szőlőcukorra. Az anyag tehát  $\beta$ -pentaacetyl-szőlőcukor.

Az eredeti oldat második része 20·6 g maradékot ad.

1·1162 g-t oldunk 50 cm alkoholban. Ezen törzsoldatból 5 cm<sup>3</sup> hidrolizis előtt 6·69 cm<sup>3</sup>  $n/10$   $KMnO_4$ -t fogyaszt = 42·5 mg  $Cu$ ; hidrolizis után (2%  $HCl$  1·15 perc) pedig 12·20 cm<sup>3</sup>-t = 77·6 mg  $Cu$ . A különbség 35·1 mg  $Cu$  megfelel 17·3 mg invertcukornak megfelelő kondenzációs terméknek, ez pedig 15·5%-nak felel meg.

Az olajat forró vízzel fracionáljuk. 19·5 g-ra 100 cm<sup>3</sup> forró vizet öntünk, vízfürdőn hagyjuk rázás közben kb. 1 percig. Az oldat tisztáját leöntjük és jégbe hűtjük.

19·5 g olaj.

100 cm <sup>3</sup> forró vízzel	→ oldat	0°-ra hűtve	↘ csapadék I. ↗ oldat I.
↓			
maradék	→ oldat	0°-ra hűtve	↘ csapadék II. ↗ oldat II.
100 cm <sup>3</sup> forró vízzel			
↓			
maradék	→ oldat	0°-ra hűtve	↘ csapadék III. ↗ oldat III.
100 cm <sup>3</sup> forró vízzel			
↓			
maradék	→ oldat	0°-ra hűtve	↘ csapadék IV. ↗ oldat IV.
50 cm <sup>3</sup> forró vízzel			

I. csapadékot oldjuk 4 cm<sup>3</sup> alkohol + 2 cm<sup>3</sup> vízben

II. " " 4 cm<sup>3</sup> alkoholban

III. " " 2 cm<sup>3</sup> "

IV. " " 7 cm<sup>3</sup> alkohol + 2·5 cm<sup>3</sup> vízben.

Sem ezekből, sem a vizes oldatokból nem kaptunk kristályos terméket.

#### Ellenőrző kristályosítási próbák.

0·5 g oktaacetyl-nádcukor + 0·5 g  $\gamma$ -tetraacetyl-fruktóz + 3 cm<sup>3</sup> alkohol + 1 cm<sup>3</sup> víz. Az oldatból nem lehet oktaacetyl-nádcukor kristályokat nyerni.

0.5 g oktaacetyl nádcsukor + 0.5 g tetraacetylglükóz + 3 cm<sup>3</sup> alkohol + 1 cm<sup>3</sup> víz. Az oldatból nem lehet oktaacetyl nádcsukor-kristályokat nyerni.

Próbák 4.75% kondenzációs terméket tartalmazó termékből:

2-szeres alkohol + 1-szeres víz	} kristályok nem nyerhetők oktaacetyl nádcsukorral való beoltással sem.
2-szeres alkohol + 2-szeres víz	
2-szeres alkohol + 3-szoros víz	
2-szeres alkohol + 4-szeres víz	
3-szoros alkohol + 1-szeres víz	

### Nádcsukor acetylezése, oktaacetyl nádcsukor.

100 g nádcsukrot (Schuchardt. purissimum, crystallisatum finoman porítva, vákuumexszikkátorban szárítva) 100 gr vizmentes nátriumacetáttal és 500 cm<sup>3</sup> vegytiszta ecetsavanhidriddel melegítünk vízfürdőn, míg oldatba nem megy. Ezután még 1 órán át melegítjük a vízfürdőn. Most 1 liter vízbe öntjük. Mikor a vizes oldat lehűlt kb. 50°-ra, annyi ecetsavat adunk hozzá, hogy tiszta oldatot kapjunk. Ehhez kb. 75 cm<sup>3</sup> szükséges. A tiszta oldatot redős szűrőn leszűrjük. Egy éjszakai állás után csak kevés olaj válik ki. Most 4 liter vizet adunk az oldathoz és állni hagyjuk. A kristályosodás 1 napon belül megindul, miközben a sűrű tézta formájában kivált anyag is megdermed. Néhány nap múlva leszívjuk. Jól elválasztható a leszívásnál a kristályos rész a megdermedt résztől.

A tiszta kristályos anyag 24 g; olvadáspontja 72.5°.

A megdermedt rész 136 g; olvadáspontja 71.0°.

Legkedvezőbben úgy sikerült átkristályosítani, hogy 3-szoros mennyiségű alkoholban oldjuk és 1-szeres vizet adunk hozzá. Egy hét alatt jégsekreényben kristályosodik.

\*

Fent leírt kísérletek elvégzésénél nagy segítségemre volt GERECS ÁRPÁD vegyész-mérnök úr, akinek e helyt is hálás köszönetet mondok.

A vizsgálatok az Országos Természettudományi Alap anyagi támogatásával készültek.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928. október 8.-án kelt üléséből.)

## ÜBER DIE VERMEINTLICHE ROHRZUCKER- SYNTHESE VON PICTET.

von GÉZA ZEMPLÉN o. M.

Diesbezüglich ausgeführten Versuche, bei welchen die Bedingungen stark variiert wurden und die Verarbeitung der Reaktionsgemische ebenfalls sehr verschieden erfolgte, führten zu dem Resultat, daß allerdings eine Disaccharid-Bildung im Ausmaße von 10—15%, berechnet auf das Ausgangsmaterial, festzustellen ist; jedoch gelang es leider in keinem Fall, den Oktaacetylrohrzucker in Substanz abzuscheiden, auch nicht beim Impfen der verschiedenen, das Disaccharid-Gemisch enthaltenden Fraktionen. Besondere Versuche zeigten, daß sogar aus einem Gemisch, das 50% Oktaacetylrohrzucker und 50% Tetraacetyl-glykose bzw. 50%  $\gamma$ -Tetraacetyl-fructose enthält, der acetylierte Rohrzucker nicht zu isolieren war, da dieser gegen Fremdstoffen besonders empfindlich ist.

Die Arbeit erscheint in den Berichten der Deutschen chemischen Gesellschaft.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. oktober 1928.)

## A SZENEK ÖNGYÚLÁSÁRÓL.

A FASZÉN ÉS NÉHÁNY HAZAI, ÁSVÁNYI, KÜLÖNÖSEN BARNASZÉN GYÚLÁS HŐMÉRSÉKLETÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRÓL.

GÄRTNER KÁROLY-tól.

### I.

Régen ismeretes, hogy a szén nagy halomba raktározva, erősen felmelegszik, sőt néha önmagától meg is gyúl.

Az első feljegyzés a szénnek önmagától való meggyulásáról 1820. évből származik. E szerint Manchester közelében egy szénnel megrakott kocsirakomány, minden külső ok nélkül, lángra lobbant.

Ugyanebben az időben WILLIAMSON ET Co. lőporgyárában körülbelül 2000 font szenet finomra porítva halomba raktak. A szén az éjszaka folyamán meggyúlt és a tűz elhamvasztotta az épületet is. A tűzvizsgálat itt sem tudott más okot felfedezni, mint azt, hogy a szén önmagától gyúlt meg és ez okozta a tűzvészt.

Az öngyulás lehetőségeinek a felismerése után kezdték a gyulás okát kutatni.

AUBERT<sup>1</sup> 1828-ban a metzi lőporgyárban végzett a szenek öngyulására vonatkozó kísérleteket és a gyulást a szén felületén elnyelt levegőnek tulajdonította.

WILLIAM HADFIELD,<sup>2</sup> szénbányaigazgató, a kísérletek egész sorát végezte, hogy a jelenség okát adhassa. Kísérleteiből azt következtette, hogy az öngyulást a nyomás és a szén surlódása okozza és legkönnyebben akkor következik be, ha nagy mennyiségű porított szenet, nagy rakásban, bőséges levegőjű térben raktározunk.

HADFIELD megállapításai nem sokkal vitték előre az öngyulás elleni védekezést, pedig egyre sűrűbbé vált, módját találni a védekezésnek, mert az öngyulás évenként sok száz tonna szenet

<sup>1, 2</sup> Liebigs Annal. Pharm. 10. 1834.

pusztított el, sőt, sok szénnel megrakott hajó is a tűzvész martalékává lett. Egy angol hajóstársaságnak 1877-ben kiadott jelentése alapján 1874-ben 4485 szénnel megrakott hajó közül, a szén öngyúlása következtében 60 esett áldozatul. Az 1896-ban kiadott német statisztika alapján pedig az 1889—1896-ig terjedő években 155 szénnel megrakott hajó járt szerencsétlenül, melyek közül 40 teljesen elégett, 30 nyomtalanul eltűnt, a többit pedig csak kisebb-nagyobb veszedelmek árán sikerült megmenteni.

A későbbi vizsgálatok folyamán mindig az a kérdés állott homloktérben, hogy miért gyúl meg a szén önmagától, illetőleg milyen körülmények okozzák ezt a kellemetlen jelenséget?

REGNAULT<sup>1</sup> 1863-ban végzett kísérletei szerint a pyrittől mentes feketeszen közönséges hőmérsékletű levegőn állva, nem gyúl meg. Egyes kísérletezők az öngyúlás jelenségénél a pyritnek tulajdonítják a legfontosabb szerepet. LIEBIG szerint például a pyrit víz jelenlétében feltétlenül hat. Az angol Comission is a nedves szeneknél a pyritnek juttatta a főszerepet. Ezzel ellentétben egyes kutatók az öngyúlásnál a pyritnek semmiféle jelentős szerepet nem tulajdonítanak. Az ellentmondások a szén különféle állapotú pyritjére vezethetők vissza, miután a markazit sokkal kevésbé áll ellent a viszontagságoknak, könnyebben elmálik, mint a pyrit, vagy a  $Fe_2S_3$  összetételű vassulfid.

REDER<sup>2</sup> vizsgálatai szerint vannak egyes szénféleségek, amelyek raktározás alkalmával nem változnak, ilyen például az angol és a stadthageni feketeszen. Ellenben az ibbenbüdni szén, egy évi raktározás alatt, széntartalmából 1.4%-ot veszített.

WARRENTRAFF<sup>3</sup> már 1865-ben kimutatta, hogy a barnaszén levegőn széndioxidot fejleszt s melegítés a széndioxid fejlődését erősen elősegíti.

RICHTER ilyen irányú vizsgálataiból a következőket állapította meg:

A szén elmállása oxigén felvétel következménye, mely részben a szénnek hidrogén tartalmát vízzé, széntartalmát széndioxiddá oxidálja, részben a szén összetételére hat. Az elmállási folyamat az oxigén elnyelésével kezdődik. A nedvesség a szén elmállására nem hat kedvezően.

<sup>1</sup>, <sup>2</sup>, <sup>3</sup> Zeitschrift f. angew. Chemie. 12. 1899.

GRUNDMANN<sup>1</sup> a feketeszen elmállásának és a levegőn való felmelegedésnek okát a pyrit oxidációjának tulajdonította.

THOMSON<sup>2</sup> a feketeszeneknél egy száraz és egy nedves korhadási folyamatot különböztet meg. FISCHER FERDINÁND szerint ilyen korhadási folyamat el sem képzelhető.

Az a jelenség, hogy az öngyulladás és raktározási veszteség oxidációs folyamat következménye, már elég régen ismeretes. Csupán a pyrit szerepére vonatkozólag tértek el a vélemények.

Kísérletileg GRUNDMANN<sup>3</sup> bizonyította be, hogy a feketeszen levegőn történő elporlódását és felhevülését vasszulfid bomlása okozza.

HELM<sup>4</sup> vizsgálatai szerint, ha szenet zárt térben hevítünk, mindjárt kezdetben, jóval a kén forráspontja és a pyrit bomlás-hőmérséklete alatt, kéntartalmú gázok jelennek meg.

DROWN<sup>5</sup> a szeneket brómtartalmú sósavval és nátrium-hidroxidban oldott brómmal oxidálta, majd az oldatot megsavanyította. Ezáltal csupán a pyrithez kötött és oldható szulfát alakjában előforduló ként oldotta ki, míg a szerves anyagokban kötött kén a szénben maradt.

A szerves anyaghoz kötött kén elválasztásával FISCHER FERDINÁND<sup>6</sup> foglalkozott bővebben. Ő észlelte, ha 2 g szenet 20 cm<sup>3</sup> telített brómvizzel öntött le, a folyadék gyorsan elszintelenedik; ha a szénre kevés tiszta brómot öntött, az elszintelenedés legtöbb próbában néhány perc múlva szintén bekövetkezett.

A szénnek brómmal szemben való viselkedését magyarázzák WARRENTTRAPP és RICHTER megfigyelései. Szerintük a feketeszen levegőn állva, előbb oxigént, nyel el, majd széndioxidot keletkeztet.

FISCHER<sup>7</sup> megállapításaiból ismeretes, hogy a feketeszen oxigén felvétele, száradó olajokhoz hasonlóan, a telítetlen vegyületekre vezethető vissza. Ő ajánlotta, hogy finoman porított feketeszenek öngyulladásának mértékére, a vizes brómoldathól hiányzó brómtartalomtól következtessenek.

DENNSTEDT és BÜNZ<sup>8</sup>-nek sorozatos kísérleteiből kitűnik,

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Zeitschrift f. angew. Chemie. 12. 1899.

<sup>7, 8</sup> Zeitschrift f. angew. Chemie 1908. Bd. 2. S. 1833.



hogy a szén kémiai összetételén és nedvességén kívül egy harmadik tényezőnek is nagy szerepe van és pedig a keménységnek. A szenek ugyanis annál hajlamosabbak az öngyúlásra, minél törekenyebbek, és ütéssel, vagy dobással mennél könnyebben porithatók. Kísérleteikből levont következtetések a következők: A szénben levő ásványi alkotórészeknek se mennyisége, se minősége nem visz szerepet az öngyúlásnál, de a pyrit sem, mert vannak szenek, amelyek maguktól könnyebben gyúlnak, mint azok, amelyek pyritben gazdagabbak. Csupán katalitikus hatásra lehetne gondolni, de bebizonyosodott, hogy olyan szenek, amelyek már meggyúltak, nagyon kevés és finoman elosztott állapotban tartalmaztak pyritet. Az a körülmény pedig, hogy könnyen gyúló szenek felette csekély pyritet tartalmaztak, bizonyítja, hogy a pyritnek nincs szerepe az öngyúlásnál. Ugyanez érvényes az eredeti szénben levő vasnak sósavban oldott részecskéire nézve is.

Mindezekből megállapítható, hogy az öngyúlás kizárólag és minden kétségen felül szerves anyagoktól, még pedig nem mennyiségüktől, hanem minőségüktől és összetételüktől függ. A szerves anyagokhoz kötött kénnek és nitrogénnek semmiféle befolyása nincs.

Feltűnő, hogy a maguktól nagyon könnyen meggyúló szeneken aránylag nagyon kevés hidrogén és nagy mennyiségű oxigén van. Különösen feltűnik a kis mennyiségű diszponibilis hidrogén tartalom.

Az öngyúlás tehát több kémiai és fizikai tényező közreműködésétől függ; legfontosabb az oxidáló gáz (oxigén) koncentrációja, a szén nedvessége, elmállási foka, felülete és összetétele. Ezekhez járulnak a nyomás s sűrűlódás, a fajhő, a szénnek más anyagokkal, például homokkal való keveredése stb.

## II.

Miként az eddigi adatokból kitűnik, a külföldi szénfeleségeket több ízben és behatóan megvizsgálták, hogy öngyúlásuk okát kideríthessék. A nálunk nagy mennyiségben használt barnaszének öngyúlásáról, bár sok kellemetlen tapasztalatunk van, de

arra nézve, hogy közülök melyek gyúlnak meg könnyebben és mely fajták raktározhatók kisebb veszély nélkül, tudományos alapon végzett vizsgálataink nincsenek.

Ez a körülmény indított néhány elterjedtebben használt, különböző korú magyarországi szénfajta gyúlékonyságának megvizsgálására. Kísérleteim nem tekinthetők egyenlő értékűeknek azokkal, amelyeket az öngyulladás okainak megállapítása végett, tömegesebb szénnel, természetes viszonyok között végeztek. Laboratóriumban, néhány gramm többé-kevésbé összezúzott szénnel, a levegő hőmérsékleténél magasabb kezdeti hőmérséklettel, levegő vagy oxigéngáz áthajtásával nem biztosíthattam a természetes viszonyokat. Ezért a megállapított értékeket nem az öngyulladás hőmérsékleteinek, hanem levegő- vagy oxigénáramban talált gyúláshőmérsékleteknek nevezem. De ezekből is következtethetünk arra, hogy az átalam vizsgált szenek körülbelül milyen hőmérsékletén gyúlhatnak meg maguktól, valamint arra is, hogy az ásványi szenek nedvesség- és kéntartalma, továbbá a bennük jelenlevő telítetlen szerves vegyületek, főleg a humusz-savtartalom minő befolyással lehetnek az öngyulladás hőmérsékletére. Megkíséréltem eldönteni azt is, hogy a szénfajták gyúláshőmérséklete függ-e a szenek kémiai összetételétől, vagy nem.

Vizsgálatom tárgyai a tatai, bodajki, ormospusztai, som-sályi, farkaslyuki és ajkai barnaszének, a pécsi feketeszen, továbbá a gyöngyösi lignit, balatonvidéki tőzeg és egy faszén voltak. A minták kiválasztásánál tekintetbe vettem a szenek korán kívül nedvesség- és kéntartalmukat is. A szenek közül a pécsi liasz-korú, a tatai és bodajki eocén-korú, az ormospusztai, som-sályi és farkaslyuki felső mediterrán, közép miocén korú, az ajkai kréta-korú, a lignit pliocén-, a tőzeg pedig pleisztocén-korú.

A pécsi feketeszenet, a faszenet, a tőzeget és a lignitet azért iktattam be vizsgálataim sorába, mert föltehettem, hogy a laza faszén, az elszenesedésnek még csak kezdetén levő tőzeg, esetleg a lignit gyúláshőmérséklete alacsonyabb, a régebben elszenesedett pécsi feketeszené pedig magasabb lesz, mint a barnaszének gyúláshőmérséklete, minek következtében e tízféle szén gyúláshőmérsékletének tanulságos sorát mutathatom be.

### Vizsgálati módszerek.

Az öngyúlási kísérletek végzésére az EMIL DITTMAR ET VIRTH hamburgi cég által forgalomba hozott készüléket használtam. A készülék két részből áll és pedig egy olajfürdőből és egy égetőcsőből. Az olajfürdőbe, mely alulról öt BUNSEN-féle égővel melegíthető, három hőmérő van illesztve, a fürdő hőmérsékletének pontos megállapítására. Az égetőcső vörösréz-ből való kisebb része a szén befogadására, nagyobb része a szénen áthajtandó gáz előmelegítésére szolgál. Az előmelegítő térben, mely a cső hosszának  $\frac{2}{3}$ -ad része, ugyancsak vörösréz-ből készült úgynevezett gázütköző szerkezet van, a gázok egyenletes előmelegítésére.

A kísérlethez szükséges gázokat bombából, tömény kénsavon szárítva, gázórán át bocsátottam a készülékbe, hogy mennyiségük mindenkor pontosan megállapítható legyen.

Az égetőcső hossza 2 cm-rel kisebb, mint az olajfürdő, hogy a melegítés egyenletesebb lehessen.

Az olajfürdőt 374 C° lobbanáspontú olajjal töltöttem meg, számítva a magas hőmérsékleten gyúló szenekre. A fürdő olajtartalma 2.760 liter.

A kísérlet lefolyása a következő:

A készülékbe tett szenet először kiszáritottam. A szárítás közömbös gázáramban ( $N_2$ ,  $CO_2$ ) 106 C°-on 30 percig történik, ügyelve, hogy az olajfürdő hőmérséklete se emelkedjék 106 C° fölé. Szárítás után a használt gáz kiüzése végett egy perc alatt 1 liter oxigént, vagy levegőt kellett a szénen áthajtanom; ezáltal a szén lehül 95—100°-ra. Erre a szén és az olajfürdő hőmérsékletét az önkényesen megválasztott kezdő hőmérsékletre hevítettem és rajta az olajfürdő hőmérsékletének lassú és fokozatos emelése közben a kívánt gázáramot hajtottam keresztül. Kísérleteim megkezdésekor a hőmérséklet 110 C° volt. Eleinte a szén nagyon lassan melegszik, úgy hogy a szén és az olajfürdő hőmérséklete között 20—25 C° különbség is van, később a szén melegekedése rohamosabb és eléri, sőt el is hagyja az olajfürdő hőmérsékletét. A szének korától, a gáz minősége és mennyisége szerint (oxigén, vagy levegő) ez az emelkedés 20 perc, 2 óra 20 perc alatt következik be, majd füst látható, mely fokozatosan

erősödik. A meggyúlás pillanatában a hőmérő rohamosan emelkedik, 1 perc alatt 10–15 C°-t is, sok füst fejlődik, sőt az oxigén áthajtásakor esetleg láng is felvillan. Ez csak rendkívül aktív felületű szeneknél fordul elő.

Meggyúlás után a szenet még melegen jól záró üveg dugós edénybe tettem, elemzés végett. A készülékben levő szén meggyúlását igazolta az, hogy kiöntés után is tovább izzott.

Egy-egy ilyen kísérlet 28 perctől 2 óra 30 percig tart. Az idő függ a szén minőségétől (korától), a darab nagyságától, az áthajtott gáz minőségétől és mennyiségétől. Kísérleteimet négyféle nagyságú szénnel, oxigén és levegőáramban végeztem s a gáz mennyiségét is változtattam. A szén előkészítésére használt szabványosztákon négyzetcentiméterenként 900, 3200, 4900 és 10,000 nyílás volt. Minden egyes szénmintán, kivéve a 10,000-es szita finomságút, külön próbákban, óránként 3·6 l és 7·2 l oxigént, illetőleg 9, 18, 30 és 60 l levegőt hajtottam át, hogy gyúlashőmérsékletét és az elérésre szükséges időt megállapíthassam. A 10,000 szita finomságú szénen óránként csak 60 l levegőt hajtottam keresztül. Megállapítandó, hogy a nedvesség változtatja-e a szén gyúlashőmérsékletét, ugyanazt a szenet szárítás nélkül és nedvesítve is megvizsgáltam. Utóbbi kísérleteket csak a 4900 finomságú szénnel óránként 3·6 l oxigén, illetőleg 18 l levegőáramban végeztem.

Minthogy az égetőcsőbe csak 40 g szenet tehettem, a szénen óránként 60 l gáznál többet nem hajthattam át, mert a sebes gázáram a parafadugó nyílásán a szenet kifújta, vagy erősebben lehűtötte annyira, hogy a kapott értékek megbízhatatlannokká váltak. Egyes szénfélésegeket óránként már 60 l gáz átáramlása is lehűtött.

A szénben történt változásokat gyúlás előtt és után végzett teljes elemzéssel állapítottam meg.

Miután feltehető, hogy a szénben levő telitetlen szerves vegyületek a gyúlést elősegítik FISCHER FERDINAND eljárása szerint a telitetlen vegyületeket bróm közvetítésével oxidáltam. E végett 1 g finoman porított szenet, jól záró gummidugós üvegben, ismert térfogatú  $n. 2$   $KBrO_3$  oldattal híg  $HCl$  és  $KBr$  jelenlétében erősen összeráztam és 24 óráig állni hagytam. 24

óra mulva a szabad brómot  $KJ$  jelenlétében  $n/2 Na_2S_2O_3$  oldattal visszatitráltam.  $1\text{ cm}^3$   $n/2$  bromát 40 mg brómot fejleszt.

A hamutól mentes koks (fix carbon) meghatározását Muck módszere szerint végeztem.  $1\text{ g}$  900 szita finomságú szenet a Muck-féle platinatégelyben öt percig izzítottam. E meghatározás alapján megállapítható, hogy egyes szénféleségek gyúlás után mennyi gázt (oxigént) nyeltek el.

A többi alkotórészek meghatározását a szokásos és jól bevált meghatározó módszerek alapján végeztem.

A számított fűtőértéket a német mérnök-egylettől megállapított képlet szerint számítottam ki:

$$M = \frac{8100 C + 34220 (H^{-1}/80) + 2500 S - 600 \text{ nedv.}}{100}$$

A szenekben a humuszsavat KREULEN D. Y.<sup>1</sup> módszere szerint határoztam meg. A meghatározás menete a következő:

$2\text{ g}$  4900 szita finomságú szitán átszitált szenet  $20\text{ cm}^3$  vízzel megnedvesítve,  $40\text{ cm}^3$  5%-os  $NaOH$ -dal, három percen belül forrásig hevítettem és pontosan öt percig forraltam. Ezután redős szűrőn leszűrtem és a szüredékből, amelynek színe a megvizsgált szeneknél rendkívül sötét volt, a humuszsavat kolorimetriás úton határoztam meg. A kísérlethez SCHMIDT—HENTSCHELFÉLE kolorimétert használtam. Ezt a kísérletet a gyúlásig hevített szenekkel is elvégeztem, annak eldöntése végett, hogy a szenek megváltoztak-e? A kolorimetriás meghatározáshoz alapoldatul MERCK-féle humuszsavból készített 0.05%-os oldatot használtam. A szenekről leszűrte, rendkívül sötét oldatokat 20-szorosra kellett felhigítanom, hogy jól átlátszók legyenek. Ilyen hígítású oldatokkal dolgozva, a koloriméter osztás vonalait pontosabban észlelhettem.

Miután semmi biztosítékom nem volt arra nézve, hogy a  $NaOH$ -dal forralt szenekből csupán a humuszsavak oldódtak ki és kolorimetriás úton csupán ezeket határoztam meg, ERDMANN<sup>2</sup> eljárását is elvégeztem.

<sup>1</sup> Brennstoff-Chemie, 1927. Heft. 15. S. 241.

<sup>2</sup> Chemie der Braunkohle, 1927. S. 120—122.

E végett 2 g előbb említett finomságú szenet a humuszsavak elbontása céljából 20 cm<sup>3</sup> n/1 sósavval vízfürdőn, egy óráig pállítottam és egy éjszakán át állni hagytam. A következő napon keményített szűrőpapirosra leszűrtem és háromszor 1%-os forró sósavval, majd forró vízzel kimostam. A szűrőn visszamaradt részt 300 cm<sup>3</sup>-es lombikba pontosan átmostam. Ezután pontosan 0.2 g natriumcarbonátot téve hozzá, a visszacsepegő hűtővel felszerelt lombikban egy óráig gyengén forraltam. A hevítést csak óvatosan szabad fokozni, mert a folyadék kezdetben keletkező széndioxid miatt erősen habzik. Forralás után a lombikot állni hagytam, hogy az oldhatatlan rész leülepedjék. Ülepedés után az oldat tisztáját előre lemért rázóhengerbe téve, a lombikban maradt részt pedig 60 cm<sup>3</sup> vízzel és 0.2 g szilárd nátriumcarbonáttal a visszafolyó hűtővel felszerelt lombikban az előbb leírt módon forraltam. Az oldást és az oldat lefejtését addig folytattam, míg a nátriumcarbonátos oldat már nem színeződött.

A rázóhengerben egyesített oldatokat a lebegő, finom humuszsav részekről meg kell tisztítani. Ez honyhasó hozzákeverésével történik. Ezáltal a barnaszínű humuszsavoldat nagyrészt megtisztul; a még bennelévő rendkívül finom eloszlású anyagoktól 3—4 napi ülepítéssel tisztítható meg. A megtisztított oldatból pontosan lemért részletet használtam fel a meghatározáshoz. Az oldathoz annyi 1.12 fs. sósavat öntöttem, amennyi a barna pelyhekben leváló humuszsav leválasztására szükséges. Leválasztás után az oldatnak szintelennek kell lennie.

A leülepedett csapadékról az oldat tisztáját lefejtettem, a csapadékot 105 C°-on kiszáritott és pontosan lemért, keményített szűrőpapirosra mostam rá, majd forró vízzel jól kimostam. Ezután mérőedénykébe téve, kezdetben 80 C°-on, majd 105 C°-on, széndioxid áramban, állandó súlyig kiszáritottam. Az így kapott érték a humuszsav és hamutartalom mennyiségét szolgáltatta; ezt platinatégelyben kiizzítva, megkaptam a hamú súlyát. A két érték különbségéből kiadódik a hamutól mentes humuszsav mennyisége.

Azért, hogy szénen a gyulás után történt változásokat szembetűnőbbé tegyem, az eredeti szén, valamint a gyulás utáni szén elemzési adatait víztől mentes szénre számítottam át.

## Kísérleti eredmények.

## Tatai barnaszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	177 C°	1	05	168 C°	—	55
3200	181 «	1	15	172 «	1	03
900	214 «	1	21	206 «	1	13

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4,900	233 C°	1	05	200 C°	1	09	196 C°	—	58	206 C°	—	57
3,200	244 «	1	23	204 «	1	06	200 «	1	01	209 «	—	59
900	289 «	2	41	261 «	1	49	248 «	1	40	250 «	1	21
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	189 «	1	00

c) Szárítás nélkül és szándékos nedvesítés után végzett kísérletek. Szita-finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
171 C°	1	37	201 C°	1	47	171 C°	2	45	204 C°	2	17

A nedvesítés után a nedvességtartalom 25·00%.

Eredeti és szárazszénre vonatkoztatott összetétel gyúlás előtt és után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Víztől mentes szénre számítva
	gyúlás előtt	gyúlás után	gyúlás előtt
Szén .....	63·50%	70·92%	71·42%
Hidrogén .....	4·10 «	4·63 «	4·72 «
Oxigén .....	8·54 «	10·77 «	11·45 «
Nitrogén .....	0·70 «	0·76 «	0·80 «
Nedvesség .....	13·05 «	—	—
Hamú .....	6·02 «	8·26 «	6·91 «
Éghető kén .....	3·01 «	3·42 «	3·46 «
Hamuban levő kén .....	1·08 «	1·24 «	1·24 «
Égéshő .....	6288 kalória	6871 kalória	7040 kalória
Meghatározott fűtőérték .....	5970 «	6606 «	6770 «
Számított fűtőérték .....	5937 «	6590 «	6730 «
Koksz .....	41·93%	50·64%	49·36%
Összes illanóanyag .....	57·07 «	49·36 «	50·64 «
Hamutól mentes koksz .....	36·91 «	42·38 «	42·45 «
Éghető illanóanyag .....	44·02 «	49·36 «	50·64 «
Összes éghető anyag .....	80·93 «	91·74 «	93·09 «
Humuszsav (KREULEN) .....	78·10 «	34·40 «	89·82 «
Humuszsav (ERDMANN) .....	76·30 «	32·18 «	87·75 «
Diszponibilis hidrogén .....	3·03 «	3·29 «	3·30 «
Brómszám (100 g szénre) .....	78·04	77·37	90·00

## Somsályi barnaszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	151 C°	1	08	132 C°	—	28
3200	167 «	1	09	153 «	—	28
900	177 «	1	10	161 «	—	47

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4,900	195 C°	—	57	179 C°	—	54	167 C°	—	46	162 C°	—	44
3,200	207 «	1	24	185 «	—	59	176 «	—	49	172 «	—	57
900	232 «	1	35	196 «	1	07	187 «	1	05	198 «	—	59
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	159 «	—	30



c) Szárítás nélkül és szándékos nedvesítés után végzett kísérletek. Szitafinomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
189 C°	1	06	177 C°	1	36	182 C°	1	10	169 C°	1	16

A nedvesítés utáni nedvességtartalom: 35·78 %.

Az eredeti és száraz szénre vonatkoztatott összetétel gyulás előtt és után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Viztől mentes szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén.....	56·53%	65·10%	76·16%	65·96%
Hidrogén.....	2·85 «	3·92 «	3·87 «	3·97 «
Oxigén.....	4·74 «	17·17 «	6·39 «	17·36 «
Nitrogén.....	0·92 «	1·20 «	1·24 «	1·21 «
Nedvesség.....	25·78 «	1·31 «	—	—
Hamú.....	7·49 «	9·18 «	10·09 «	9·30 «
Éghető kén.....	1·03 «	1·26 «	1·38 «	1·28 «
Hamuban levő kén.....	0·67 «	0·91 «	0·90 «	0·92 «
Égőshő.....	5445 kal.	5908 kal.	7105 kal.	5979 kal.
Mcghatározott fűtőérték.....	5118 «	5678 «	6895 «	5753 «
Számított fűtőérték.....	5250 «	5666 «	7037 «	5713 «
Koksz.....	45·47%	33·12%	61·11%	33·56%
Összes illanóanyag.....	54·53 «	66·88 «	38·89 «	66·44 «
Hamutól mentes koksz.....	37·98 «	23·94 «	51·02 «	24·26 «
Éghető illanóanyag.....	28·75 «	65·57 «	38·89 «	66·44 «
Humuszsav (KREULEN).....	66·73 «	89·51 «	89·91 «	90·70 «
Humuszsav (ERDMANN).....	22·70 «	18·50 «	30·58 «	18·85 «
Diszponibilis hidrogén.....	22·10 «	17·80 «	29·77 «	18·03 «
Brómszám (100 g szénre).....	104·50	105·30	140·00	106·00

## Farkaslyuki barnaszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3-6 l óránként			7-2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	169 C°	1	05	154 C°	—	30
3200	178 «	1	07	165 «	—	40
900	182 «	1	17	173 «	—	47

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4,900	189 C°	1	06	186 C°	1	03	183 C°	—	56	165 C°	—	38
3,200	208 «	1	07	201 «	1	05	196 «	—	58	184 «	—	49
900	241 «	1	57	236 «	1	22	224 «	1	10	218 «	1	10
10.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	167 «	—	34

c) Szárítás nélkül, nedvesítés után végzett kísérletek. Szita-  
finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
166 C°	1	17	184 C°	1	30	164 C°	1	52	187 C°	1	28

A nedvesítés után a nedvességtartalom 36.08%.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyúlás  
előtt és után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől mentes szén		Viztől nedves szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén .....	50·26 %	61·87 %	67·99 %	63·65 %
Hidrogén .....	2·99 «	3·77 «	4·04 «	3·87 «
Oxigén .....	13·23 «	21·64 «	17·92 «	22·27 «
Nitrogén .....	1·06 «	1·38 «	1·43 «	1·42 «
Nedvesség .....	26·08 «	2·80 «	—	—
Hamú .....	5·79 «	7·77 «	7·83 «	7·99 «
Éghető kén .....	0·30 «	0·30 «	0·40 «	0·31 «
Hamuban levő kén .....	0·29 «	0·47 «	0·39 «	0·49 «
Égéshő .....	4590 kal.	5468 kal.	5985 kal.	5607 kal.
Meghatározott fűtőérték .....	4253 «	5235 «	5753 «	5386 «
Számított fűtőérték .....	4200 «	5151 «	5893 «	5315 «
Koksz .....	43·96 %	56·26 %	59·46 %	57·05 %
Összes illanóanyag .....	56·04 «	43·74 «	40·54 «	42·95 «
Hamutól mentes koksz .....	38·17 «	48·49 «	51·63 «	49·06 «
Éghető illanóanyag .....	29·96 «	40·94 «	40·54 «	42·95 «
Összes éghető anyag .....	68·13 «	89·43 «	92·17 «	97·01 «
Humuszsav (KREULEN) .....	21·60 «	10·90 «	29·22 «	11·23 «
Humuszsav (ERDMANN) .....	20·84 «	10·10 «	28·18 «	10·39 «
Diszponibilis hidrogén .....	1·34 «	1·07 «	1·80 «	1·09 «
Brómszám (100 g szénre) .....	98·00	102·00	134·00	105·00

## Bodajki barnaszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
4900	170 C°	—	47	165 C°	—	37
3200	180 «	—	48	165 «	—	42
900	187 «	—	53	179 «	—	49

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
4,900	189 C°	1	10	175 C°	—	59	170 C°	—	41	161 C°	—	35
3,200	196 «	1	15	184 «	1	03	178 «	—	57	179 «	—	43
900	227 «	1	27	189 «	1	16	181 «	1	04	196 «	1	03
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	147 «	—	34

c) Szárítás nélkül és nedvesítés után végzett kísérletek. Szita-  
finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
180 C°	1	14	176 C°	1	25	176 C°	1	24	182 C°	1	36

A nedvesítés után a nedvességtartalom: 37·95 %.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyulás  
előtt és gyulás után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Viztől mentes szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén _ _ _ _ _	42·74 %	54·76 %	59·31 %	55·73 %
Hidrogén _ _ _ _ _	2·75 «	4·13 «	3·81 «	4·20 «
Oxigén _ _ _ _ _	7·18 «	13·58 «	10·00 «	13·85 «
Nitrogén _ _ _ _ _	0·82 «	1·08 «	1·13 «	1·09 «
Nedvesség _ _ _ _ _	27·95 «	1·75 «	—	—
Hamú _ _ _ _ _	11·63 «	15·95 «	16·14 «	16·23 «
Éghető kén _ _ _ _ _	6·31 «	7·99 «	8·75 «	8·13 «
Hamuban levő kén _ _ _ _ _	0·62 «	0·76 «	0·86 «	0·77 «
Égőhő _ _ _ _ _	4313 kal.	5488 kal.	5739 kal.	5574 kal.
Meghatározott fűtőérték _ _ _ _ _	3978 «	5240 «	5521 «	5333 «
Számított fűtőérték _ _ _ _ _	3920 «	5237 «	5680 «	5321 «
Koksz _ _ _ _ _	42·12 %	55·60 %	58·45 %	56·58 %
Összes illanóanyag _ _ _ _ _	57·88 «	44·40 «	41·55 «	43·42 «
Hamutól mentes koksz _ _ _ _ _	30·49 «	39·65 «	42·31 «	40·35 «
Éghető illanóanyag _ _ _ _ _	29·93 «	42·65 «	41·55 «	43·42 «
Összes éghető anyag _ _ _ _ _	60·42 «	82·30 «	83·86 «	83·77 «
Humuszsav (KREULEN) _ _ _ _ _	62·80 «	59·90 «	84·80 «	60·96 «
Humuszsav (ERDMANN) _ _ _ _ _	64·75 «	60·50 «	89·86 «	61·77 «
Diszponibilis hidrogén _ _ _ _ _	1·86 «	2·44 «	2·56 «	2·53 «
Brómszám (100 g szénre) _ _ _ _ _	104·00 «	108·00 «	145·00 «	108·00 «

## Ormospusztai I. barnaszén.

Kísérletek: a) Oxigén-áramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	166 C°	—	39	140 C°	—	30
3200	167 „	—	45	160 „	—	39
900	178 „	1	02	166 „	—	48

b) Levegő-áramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4.900	186 C°	1	01	169 C°	—	40	160 C°	—	39	179 C°	—	37
3,200	193 „	1	05	178 „	—	58	168 „	—	57	181 „	—	46
900	197 „	1	06	186 „	1	03	176 „	—	57	186 „	—	55
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	143 „	—	36

c) Szárítás nélkül és nedvesítés után végzett kísérletek.  
Szita finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
161 C°	1	03	168 C°	1	06	165 C°	1	05	172 C°	1	11

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 42·15 %.

Eredeti és száraz szénre vonatkoztatott összetétel gyúlás előtt és után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől mentes szén		Víz-től mentes szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén.....	41·58%	50·29%	61·28%	51·78%
Hidrogén.....	2·33 «	4·12 «	3·43 «	4·24 «
Oxigén.....	4·50 «	14·88 «	6·65 «	15·33 «
Nitrogén.....	0·65 «	0·90 «	0·94 «	0·93 «
Nedvesség.....	32·15%	2·88 «	—	—
Hamú.....	13·79 «	19·85 «	20·33 «	20·44 «
Éghető kén.....	3·50 «	4·90 «	5·15 «	5·04 «
Hamuban levő kén.....	1·50 «	2·18 «	2·22 «	2·24 «
Égéshő.....	4058 kal.	4935 kal.	5680 kal.	5058 kal.
Meghatározott fűtőérték.....	3720 «	4680 «	5483 «	4818 «
Számított fűtőérték.....	3723 «	4715 «	5586 «	4867 «
Koksz.....	42·25%	55·48%	62·27%	57·12%
Összes illanóanyag.....	57·75 «	44·52 «	37·73 «	42·88 «
Hamutól mentes koksz.....	28·46 «	35·63 «	41·94 «	36·68 «
Éghető illanóanyag.....	25·60 «	41·64 «	37·73 «	42·88 «
Összes éghető anyag.....	54·06 «	77·27 «	79·67 «	79·56 «
Humuszsav (KREULEN).....	26·20 «	20·20 «	38·61 «	20·78 «
Humuszsav (ERDMANN).....	25·60 «	19·70 «	37·73 «	20·28 «
Diszponibilis hidrogén.....	1·77 «	2·26 «	2·60 «	2·33 «
Brómszám (100 g szénre).....	98·00	102·00	144·00	105·00

## Ajkai barnaszén.

## a) Kísérletek: Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
4900	168 C°	—	58	146 C°	—	52
3200	175 «	1	02	162 «	—	59
900	182 «	1	04	170 «	1	01

## b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
4,900	186 C°	1	01	172 C°	—	58	166 C°	—	38	167 C°	—	35
3,200	196 «	1	07	179 «	1	04	170 «	—	45	175 «	—	44
900	204 «	1	18	189 «	1	15	182 «	—	59	180 «	—	58
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	157 «	—	33

c) Szárítás és nedvesítés után végzett kísérletek. Szita-finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3-6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
170 C°	1	15	173 C°	1	14	172 C°	1	24	176 C°	1	29

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 35·00 %.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyulás előtt és gyulás után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Viztől mentes szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén — — — — —	52·53%	64·27%	71·63%	65·61%
Hidrogén — — — — —	3·62 «	4·29 «	4·93 «	4·31 «
Oxigén — — — — —	9·21 «	19·53 «	13·41 «	19·65 «
Nitrogén — — — — —	0·61 «	0·79 «	0·81 «	0·79 «
Nedvesség — — — — —	26·67 «	0·53 «	—	—
Hamú — — — — —	4·30 «	7·27 «	5·86 «	8·30 «
Éghető kén — — — — —	2·87 «	3·85 «	3·91 «	3·87 «
Hamuban levő kén — — — — —	0·19 «	0·26 «	0·26 «	0·26 «
Égőhő — — — — —	5197 kal.	5959 kal.	7087 kal.	5990 kal.
Meghatározott fűtőérték — — — — —	4820 «	5710 «	6805 «	5743 «
Számított fűtőérték — — — — —	4766 «	5685 «	6732 «	5701 «
Koksz — — — — —	40·40%	67·22%	55·09%	67·57%
Összes illanóanyag — — — — —	59·60 «	32·78 «	44·91 «	32·43 «
Hamutól mentes koksz — — — — —	36·10 «	59·95 «	49·23 «	60·87 «
Éghető illanóanyag — — — — —	31·93 «	32·22 «	44·91 «	32·43 «
Összes éghető anyag — — — — —	68·03 «	92·17 «	94·14 «	93·30 «
Humuszsav (KREULEN) — — — — —	14·70 «	10·20 «	20·04 «	10·25 «
Humuszsav (ERDMANN) — — — — —	14·25 «	10·02 «	19·43 «	10·06 «
Diszponibilis hidrogén — — — — —	2·52 «	1·98 «	3·26 «	1·98 «
Brómszám (100 g szénre) — — — — —	107·00 «	109·27 «	148·20 «	109·84 «

## Pécsi feketeszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	182 C°	1	07	172 C°	—	59
3200	190 «	1	18	181 «	1	07
900	228 «	1	32	212 «	1	24

b) Levegő-áramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4,900	279 C°	1	58	249 C°	1	36	224 C°	1	17	211 C°	1	09
3,200	302 «	2	05	258 «	1	42	228 «	1	20	216 «	1	11
900	322 «	2	12	269 «	1	48	259 «	1	30	254 «	1	19
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	204 «	1	05

c) Szárítás nélkül és nedvesítés után végzett kísérletek.  
Szita-finomság: 4900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
182 C°	1	08	251 C°	1	38	180 C°	1	24	250 C°	2	02

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 15·02 %.

Eredeti és száraz szénre vonatkoztatott összetétel gyúlás előtt és gyúlás után:



Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Víztől mentes szénre számítva
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt
Szén _ _ _ _ _	68.16 %	70.12 %	71.09 %
Hidrogén _ _ _ _ _	4.28 «	4.79 «	4.46 «
Oxigén+Nitrogén _ _ _ _ _	7.34 «	7.97 «	7.65 «
Nedvesség _ _ _ _ _	4.11 «	—	—
Hamú _ _ _ _ _	12.84 «	13.76 «	13.39 «
Éghető kén _ _ _ _ _	3.10 «	3.20 «	3.23 «
Hamuban levő kén _ _ _ _ _	0.17 «	0.16 «	0.18 «
Égéshő _ _ _ _ _	6692 kal.	6794 kal.	6979 kal.
Meghatározott fűtőérték _ _ _ _ _	6437 «	6536 «	6739 «
Számított fűtőérték _ _ _ _ _	6579 «	6793 «	6880 «
Koksz _ _ _ _ _	80.82 %	82.09 %	84.29 %
Összes illanóanyag _ _ _ _ _	19.18 «	17.91 «	16.71 «
Hamutól mentes koksz _ _ _ _ _	67.98 «	68.33 «	70.90 «
Éghető illanóanyag _ _ _ _ _	15.07 «	17.91 «	15.71 «
Összes éghető anyag _ _ _ _ _	83.05 «	86.24 «	86.61 «
Diszponibilis hidrogén _ _ _ _ _	3.42 «	3.91 «	3.59 «
Brómszám (100 g szénre) _ _ _ _ _	71.14	73.87	74.19

## Gyöngyösi lignit.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita-finomság	3.6 l óránként			7.2 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
3200	196 C°	—	59	180 C°	—	45
900	197 «	1	01	182 «	—	48

b) Levegőáramban:

Szita-finomság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
3200	219 C°	1	18	208 C°	1	06	192 C°	—	59	186 C°	—	50
900	224 «	1	26	213 «	1	09	199 «	1	01	189 «	—	57

c) Szárítás és nedvesítés után végzett kísérletek. Szita-  
finomság: 3200.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.	gyulás T°	ó.	p.
198 C°	1	04	218 C°	1	12	200 C°	1	24	221 C°	1	36

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 45·20 %.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyulás  
előtt és gyulás után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Vízmentes szénre számítva	
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt	gyulás után
Szén	38·22 %	52·80 %	58·58 %	53·90 %
Hidrogén	3·22 «	4·96 «	4·96 «	5·06 «
Oxigén+Nitrogén	14·29 «	26·28 «	22·05 «	26·83 «
Nedvesség	35·14 «	2·08 «	—	—
Hamú	6·52 «	9·80 «	10·08 «	10·05 «
Éghető kén	2·20 «	3·09 «	3·39 «	3·15 «
Hamuban levő kén	0·61 «	0·99 «	0·94 «	1·01 «
Égőshő	3868 kal.	5398 kal.	5940 kal.	5511 kal.
Meghatározott fűtőérték	3484 «	5118 «	5643 «	5238 «
Számított fűtőérték	3376 «	4863 «	5470 «	4975 «
Koksz	30·27 %	47·84 %	46·64 %	48·84 %
Összes illanóanyag	69·73 «	52·16 «	53·36 «	51·16 «
Hamutól mentes koksz	23·75 «	38·04 «	36·56 «	41·11 «
Éghető illanóanyag	34·59 «	50·08 «	53·36 «	51·16 «
Összes éghető anyag	58·34 «	88·12 «	89·92 «	92·27 «
Diszponibilis hidrogén	1·57 «	1·93 «	2·21 «	1·83 «
Brómszám (100 g szénre)	86·50	87·00	133·29	88·00

## Balatonvidéki turfa.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
900	201 C°	—	54	192 C°	—	42

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
900	227 C°	1	18	215 C°	1	07	208 C°	—	59	204 C°	—	57

c) Szárítás nélkül és nedvesítés után végzett kísérletek.  
Szita finomság: 900.

Száritás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
203 C°	1	03	214 C°	1	18	201 C°	1	22	214 C°	1	26

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 25·00 %.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyúlás előtt és gyúlás után:

Alkotórészek	Bányanedvességtől nedves szén		Viztől nedves szénre számítva	
	gyúlás előtt	gyúlás után	gyúlás előtt	gyúlás után
Szén	42·20 %	50·01 %	50·28 %	50·44 %
Hidrogén	4·57 «	5·19 «	5·43 «	5·16 «
Oxigén + Nitrogén	28·00 «	32·52 «	33·32 «	32·86 «
Nedvesség	16·00 «	1·04 «	—	—
Hamú	7·49 «	9·60 «	8·91 «	9·70 «
Éghető kén	1·08 «	0·91 «	1·28 «	0·91 «
Hamuban levő kén	0·66 «	0·93 «	0·78 «	0·93 «
Égéshő	4201 kal.	4950 kal.	4999 kal.	4991 kal.
Meghatározott fűtőérték	3859 «	4666 «	4706 «	4415 «
Számított fűtőérték	3732 «	4395 «	4474 «	4415 «
Koksz	32·54 %	41·03 %	35·79 %	41·46 %
Összes illanóanyag	67·46 «	58·97 «	64·21 «	58·54 «
Hamutól mentes koksz	25·05 «	31·43 «	26·88 «	31·76 «
Éghető illanóanyag	51·46 «	57·93 «	64·21 «	58·54 «
Összes éghető anyag	76·51 «	89·36 «	91·09 «	90·30 «
Diszponibilis hidrogén	1·32 «	1·13 «	1·27 «	1·06 «
Brómszám (100 g szénre)	85·90 «	94·40 «	102·22 «	95·39 «

## Faszén.

Kísérletek: a) Oxigénáramban:

Szita- finomság	3·6 l óránként			7·2 l óránként		
	gyúlás T°	óra	perc	gyúlás T°	óra	perc
4900	160 C°	—	28	154 C°	—	21
3200	152 «	—	29	155 «	—	23
900	165 «	—	31	159 «	—	28

b) Levegőáramban:

Szita- finom- ság	9 l óránként			18 l óránként			30 l óránként			60 l óránként		
	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
4,900	179 C°	—	39	174 C°	—	34	171 C°	—	30	166 C°	—	29
3,200	182 «	—	40	178 «	—	34	176 «	—	22	170 «	—	30
900	205 «	—	44	201 «	—	39	198 «	—	36	195 «	—	33
10,000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	162 «	—	20

c) Szárítás nélkül és nedvesítés után végzett kísérletek.  
Szita finomság: 4900.

Szárítás nélkül						Nedvesítés után					
oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.			oxigén 3·6 l óránk.			levegő 18 l óránk.		
gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.	gyúlás T°	ó.	p.
160 C°	—	29	173 C°	—	35	162 C°	—	35	175 C°	—	44

Nedvesítés utáni nedvességtartalom: 15·25 %.

Eredeti és száraz anyagra vonatkoztatott összetétel gyúlás előtt és gyúlás után:



Alkotórészek	Eredeti állapotú faszén		Viztől mentes faszénre számítva
	gyulás előtt	gyulás után	gyulás előtt
Szén	70·63%	73·80%	74·35%
Hidrogén	4·38 «	4·81 «	4·61 «
Oxigén+Nitrogén	18·75 «	19·67 «	19·81 «
Éghető kén	—	—	—
Hamuban levő kén	—	—	—
Nedvesség	5·10 «	—	—
Hamú	1·14 «	1·72 «	1·23 «
Égéshő	7390 kal.	7711 kal.	7779 kal.
Meghatározott fűtőérték	7123 «	7452 «	7531 «
Koksz	76·72%	80·82%	80·76%
Összes illanóanyag	23·28 «	19·18 «	19·24 «
Hamutól mentes koksz	75·58 «	79·10 «	79·53 «
Éghető illanóanyag	18·18 «	19·18 «	19·24 «
Összes éghető anyag	93·76 «	98·28 «	98·77 «
Diszponibilis hidrogén	2·13 «	2·44 «	2·24 «

A) táblázat.

402

GÄRTNER KÁROLY.

Alkotórészek	Tata	Somsúly	Farkaslyuk	Bodajk	Ajka	Ormos- puszta	Lignit	Turfa	Faszén	Köszén
Szén _ _ _ _ _	— 0·50%	— 10·20%	— 4·34%	— 3·58%	— 6·02%	— 9·50%	— 4·68%	— 0·12%	— 0·55%	— 0·97%
Hidrogén _ _ _ _ _	— 0·09 «	+ 0·13 «	— 0·17 «	+ 0·39 «	— 0·62 «	+ 0·81 «	+ 0·10 «	— 0·27 «	— 0·20 «	+ 0·33 «
Oxigén _ _ _ _ _	— 0·68 «	+ 10·97 «	+ 4·35 «	+ 3·85 «	+ 6·26 «	+ 8·68 »	+ 4·78 «	— 0·46 «	— 0·14 «	+ 0·32 «
Nitrogén _ _ _ _ _	— 0·04 «	— 0·03 «	— 0·01 «	— 0·04 «	— 0·02 «	— 0·01 «	—	—	—	—
Hamú _ _ _ _ _	+ 1·35 «	— 0·79 «	+ 0·16 «	+ 0·09 «	+ 1·44 «	+ 0·11 «	—	+ 0·79 «	+ 0·49 «	+ 0·37 «
Éghető kén _ _ _ _ _	— 0·04 «	— 0·10 «	— 0·09 «	— 0·62 «	— 0·04 «	— 0·11 «	— 0·24 «	— 0·37 «	—	— 0·03 «
Hamuban levő kén _ _ _ _ _	—	+ 0·02 «	+ 0·10 «	— 0·09 «	—	+ 0·02 «	— 0·07 «	— 0·15 «	—	— 0·03 «
Égéshő _ _ _ _ _	— 169 kal.	— 1126 kal.	— 378 kal.	— 165 kal.	— 1097 kal.	— 622 kal.	— 429 kal.	— 8 kal.	— 68 kal.	— 185 kal.
Koksz _ _ _ _ _	+ 1·28%	— 27·55%	— 2·41%	— 1·87%	— 12·48%	— 5·15%	+ 2·20%	+ 5·67%	+ 0·06%	— 2·20%
Összes illanóanyag _ _ _ _ _	— 1·28 «	+ 27·55 «	+ 2·39 «	+ 1·87 «	+ 12·48 «	+ 5·15 «	— 2·20 «	— 5·67 «	— 0·06 «	+ 2·20 «
Humuszsav _ _ _ _ _	— 55·42 «	— 11·73 «	— 17·99 «	— 23·84 «	— 9·79 «	— 17·83 «	—	—	—	—
Diszp. hidrogén _ _ _ _ _	— 0·01 «	— 1·25 «	— 0·71 «	— 0·03 «	— 1·28 «	— 0·27 «	— 1·38 «	— 0·21 «	— 0·20 «	+ 0·32 «
Brómszám _ _ _ _ _	— 12·63	— 34·00	— 29·00	— 38·80	— 38·38	— 38·98	— 45·29	— 6·83	—	— 0·33

B) táblázat.

Pécsi feketeszen	Tatai barnaszén	Balaton- vidéki turfa	Gyöngyösi lignit	Bodajki barnaszén	Farkaslyuki barnaszén	Ajkai barnaszén	Ormos- pusztai barnaszén	Somsáti barnaszén	Faszén
228 C° 1 ó. 32 p.	214 C° 1 ó. 21 p.	201 C° 54 p.	197 C° 1 ó. 1 p.	187 C° 53 p.	182 C° 1 ó. 17 p.	182 C° 1 ó. 4 p.	178 C° 1 ó. 2 p.	177 C° 1 ó. 10 p.	165 C° 31 p.

C) táblázat.

Pécsi feketeszen	Tatai barnaszén	Farkaslyuki barnaszén	Balaton- vidéki turfa	Somsáti barnaszén	Bodajki barnaszén	Faszén	Gyöngyösi lignit	Ormos- pusztai barnaszén	Ajkai barnaszén
254 C° 1 ó. 19 p.	250 C° 1 ó. 21 p.	218 C° 1 ó. 10 p.	204 C° 57 p.	198 C° 59 p.	196 C° 1 ó. 3 p.	195 C° 33 p.	189 C° 57 p.	186 C° 55 p.	180 C° 58 p.

26\*

A felsorolt kísérleti adatokból kitűnik, hogy a gyúlás előtti és utáni szén összetétele többé-kevésbé eltér egymástól. Az eltérés nem minden szénféleségnél egyenlő, hanem részben a szénminta összetételétől, részben pedig a gyúlás hőmérsékletétől függ.

A vizsgálat tárgyává tett tíz szénféleségnél észlelt különbségeket az A) táblázat tünteti fel.

Ezekből az adatokból látható, hogy a széntartalom, az égéshő gyúlás után mindig kisebb, míg az oxigéntartalom hét esetben emelkedik. Az emelkedés arányos a széntartalom csökkenésével. Az összes kéntartalom majdnem minden szénben változatlan maradt, kivéve a bodajki szenet, melyben az éghető kén  $7.4^{\circ}$ -a eltűnt. Miután a megvizsgált szenek közül a bodajkiban a szerves telítetlen vegyületek mennyisége majdnem a legnagyobb volt, ami a brómszámból tűnik ki ( $36.80^{\circ}$ ): feltehető, hogy az eltávozó kén, az oxigén áramban végzett kísérletek folyamán, mint kénvegyület távozott el.

Az éghető illanó rész általában növekedett. Kivétel a tatai szén, melynél az éghető illanó rész csökkent; ugyanekkor legkisebb volt a széntartalom csökkenése ( $2.11^{\circ}$ ), illetőleg az oxigén felvétele, holott a meggyúlásig eltelt idő, a pécsi feketeszenet kivéve, a leghosszabb volt. A tatai szénnél észlelt csökkenés azzal magyarázható, hogy a gyúlashőmérséklet eléréseig, a szenet magas hőmérsékletre kellett hevíteni; ezen a hőmérsékleten pedig már szénhidrogének is eltávozhattak. E feltevés mellett szól az is, hogy míg a meggyúlásig bekövetkezett súlycsökkenés a tatai szénnél elég számottevő ( $11.34^{\circ}$ ), addig a többi szénféleségeknél a csökkenés felette csekély ( $0.85^{\circ}$ ), sőt háromféleségnél ( $0.92^{\circ}$ ,  $1.70^{\circ}$ ,  $0.09^{\circ}$ ) súlynövekedés észlelhető.

A telítetlen vegyületek oxidálására használt bróm gyúlás után erősen csökken, ami kapcsolatos a telítetlen vegyületek csökkenésével.

A megvizsgált szenek gyúlashőmérsékletének sorrendjét oxigén áramban a 900-as szitafinomságú szeneket alapul véve a B) táblázat tünteti fel.

Ezzel összhangzásban vannak az elemzési adatok, miután a faszenet nem számítva, a somsályi nyelt el legtöbb oxigént, a pécsi



legkevesebbet. Levegőáramban a sorrend 900-as szita finomságú szénre és óránként 60 liter levegőre vonatkoztatva a C) táblázatból látható. Ez a telítetlen vegyületekkel áll összhangzásban, mivel a legtöbb telítetlen vegyületet tartalmazó szén gyúlt meg legalacsonyabb hőfokon.

A humuszsavtartalom és a meggyulás lehetősége között összefüggés nem állapítható meg.

A nedvességtartalom a gyúláshőmérsékletét nem változtatta. Szárítás nélkül és nedvesített szennel végzett kísérletekben a gyúláshőmérséklete egyenlő volt, csupán az idő változott. Feltehető azonban, hogy nagy tömegek felhalmozása esetén, mikor a nyomásnak is lényeges szerep jut, a nedvesség elősegíti a meggyulást.

A szénrészek nagysága már erősen módosította a gyúláshőmérsékletet. Különösen a 3200 és 900-as finomságú szitán átszitált szennel gyúláshőmérséklete között voltak számottevő hőfok- és időbeli eltolódások.

### Összefoglalás.

A magyar barnaszennel gyúláshőmérsékletének adataiból megállapítható következtetésem:

1. A szénrészek nagyságának rendkívül fontos szerepe van a gyulás előidőzésében, amennyiben az apróbb szemcsékű szennel könnyebben gyúlnak meg. Ez a megfigyelés összhangzásban van azzal a tapasztalattal, hogy a nagyobb szénrészek oxigént felvevő képessége fordított arányban áll a gyulás hőmérsékletével és idejével.

2. A hat barnaszennel közül, oxigénáramban legkönnyebben gyúlt meg a somsályi, levegőáramban pedig az ormospusztai; legnehezebben a tatai.

3. A szennelben lévő szerves, telítetlen vegyületek elősegítik a gyulást.

4. A kén tartalom nem bizonyult döntő fontosságúnak.

5. A nedvesség a szennel gyúláshőmérsékletének a megállapításánál nem okozott változást.

6. A humuszsavtartalomból a gyúláshőmérsékletre következtetés nem vonható.

Ilyen irányban külföldön végzett kísérletek eredményeként az irodalomban olyan következtetések találhatók, melyek szerint a szén meggyúlását főképpen a szénben lévő kén és nedvesség okozza. Ezzel szemben a hazai barnaszénkre megállapítottam, hogy a gyúláshőmérsékletre a kén- és a nedvességtartalom lényeges befolyással nincs, ellenben a szén gyúlását elősegíti és így raktározási lehetőségét nagy mértékben csökkenti a telítetlen szénhidrogének mennyisége. Kísérleteim legfontosabb eredményét az eddigi tapasztalatok is igazolják, amennyiben raktározott vagy halomba rakott kőszénknél ritkábban fordul elő *öngyulás*, mint barnaszénknél.

Adataimból egyszersmind megállapíthatom azt is, hogy az irodalomban előforduló öngyúlási hőmérsékleteknek csak akkor van értékük, ha a szerző közli a szénminták eloszlottságát is.

Vizsgálataimat a kir. József Műegyetem általános kémiai laboratóriumában végeztem, a természettudományi kutatási alap támogatásával.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 október 8.-án tartott üléséből.)

# ABHANDLUNG ÜBER «DIE SELBSTENTZÜNDUNG DER UNGARISCHEN BRAUNKOHLE».

Von KARL GÄRTNER.

Verfasser gibt zunächst einen kurzen Überblick über die literarischen Quellen, sodann schildert er seine Untersuchungen, mittels welcher er unter mannigfaltigen Verhältnissen die Kriterien der Selbsterhitzung und Selbstentzündung der ungarischen Braunkohle ermittelte.

Die Literatur verzeichnet stets den Wasser- und Schwefelgehalt als Kriterium der Selbstentzündung der Braunkohle. Verfasser findet auf das Ergebnis seiner Versuche, dass die Selbstentzündung der ung. Braunkohle vom Wasser- und Schwefelgehalt nicht beeinflusst wird. Die Selbstentzündungsfähigkeit und damit auch die Lagerungsfähigkeit der ung. Braunkohle ist einzig und allein von der Menge der *ungesättigten* Kohlenstoffverbindungen, sowie auch von der Kohlenkorngrösse abhängig.

Die experimentellen Forschungen ergeben folgende Resultate:

1. Es zeigte sich, dass bei der Selbsterhitzung und noch mehr bei der Selbstentzündung die Korngrösse der Kohle von wesentlicher Wichtigkeit ist. Zerkleinerte, insbesondere gepulverte Kohle erflammt leichter. Dieses Ergebnis steht streng im Einklange mit jenem, bereits bekannten Befunde, demzufolge die Sauerstoffaufnahmefähigkeit der Kohle zur verursachten Temperaturerhöhung, wie auch zur Zeitdauer der Selbstentzündung in verkehrtem Verhältnisse steht.

2. Von den untersuchten Braunkohlensorten zeigt die «Somsály»-er im Sauerstoffstrome, die «Ormospusztá»-er im Luftstrome eine schnelle Selbstentzündbarkeit. Hingegen ergab sich, dass die «Tata»-er stets schwer erflammt.

3. Organische Substanzen, vorzugsweise die der ungesättigten Reihe angehörenden, erhöhen in hohem Grade die Selbstentzündungsfähigkeit der Kohle; wogegen der Schwefelgehalt die Fähigkeit der Kohle nur belanglos beeinflusst.

4. Der Braunkohlenhumusgehalt steht mit der Temperaturerhöhung in keinem nennenswerten Zusammenhange, kann daher als Beurteilungsgrundlage zur Kohlenselbstentzündung keinesfalls herangezogen werden.

5. Der hohe Wassergehalt der Braunkohle stört keineswegs die Ermittlung der Selbstentzündungstemperatur.

6. Aus den experimentellen Daten ist klar zu ersehen, dass die Selbstentzündungstemperatur einer Braunkohlensorte, ohne gleichzeitiger Angabe der Korngrösse, keinesfalls richtig und einwandfrei charakterisiert ist.

7. Die experimentellen Resultate des Verfassers werden auch durch die Lagerung verschiedener Kohlensorten gesammelten Erfahrungen bestätigt.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Oktober 1928.)

## KÉT ADSORBEÁLHATÓ GŐZ LEVEGŐELEGYE ADSORPCIÓJÁNAK IDŐBELI LEFOLYÁSA.

PUTNOKY LÁSZLÓ-tól.

Az adsorptiók anyagoknak nagy technikai jelentőségéhez mérten, a különböző fajta adsorpciós szenek és silicagelek adsorpcióképessége sokszor volt tüzetes vizsgálat tárgya. Egy és ugyanaz az adsorbeáló anyag viselkedése különböző gáz- és gőzökkel szemben általában nagyon különböző. S épp e specifikus hatásoknak van gyakorlati jelentősége ott, hol egy gáz- vagy gőzelegy különböző komponenseit akarják adsorpció útján az elegyből kinyerni.<sup>1</sup> Ugyanez áll a folyadékelegyek adsorpciójára is.<sup>2</sup>

Az adsorpciómérések rendszeren az adsorptióképesség vizsgálatát tűzik ki célul, amennyiben a telítettségi határ, azaz: az a gáz- vagy gőzmennyiség, amelynél az adsorbeáló anyag többet megcsűríteni már nem bír, kínálkozik exact összehasonlítási alappul a különböző adsorbeáló anyagok hatására nézve, föltéve, hogy a többi változtatható tényező, mint elegyösszetétel, nyomás, hőfok stb., nem változik.

Kétségtelen azonban, hogy az *adsorbeáló képességen* kívül különös gyakorlati fontossága van az *adsorbeálás sebességének* is. Ha a telítettségi határ végső megközelítése huzamosabb időt vesz igénybe, mint azt számos kísérlet bizonyítja, esetleg a jobb hatásfokkal való dolgozás miatt érdemes lesz a nagyobb sebességgel adsorbeáló anyag képességét nem véggkép — azaz a telí-

---

<sup>1</sup> Silica Gel as an Industrial Adsorbent, The Silica Gel Corporation Bull. No 5, 1924. Referat: Kausch, Das Kieselsäuregel, S. 75 bis 81, Springer (1927).

<sup>2</sup> H. G. GRIMM és H. WOLFF: Ztschr. angew. Chem. 41, 98 (1928).

tettségi határ eléréséig — kihasználni, hanem az adszorpciofolyamatot már előbb megszakítani. Ennek az lesz az előnye, hogy ugyanazzal az adszorbeáló anyagmennyiséggel, ugyanannyi idő alatt, nagyobb mennyiségű elegyet tudunk komponenseire bontani.

Egy adszorbeálható és egy nem adszorbeálható gáz elegeye adszorpciójának időbeli lefolyásvizsgálata nagyobb nehézségbe nem ütközik,<sup>1</sup> különösen mióta interferometriás vizsgálatok lehetővé teszik a gőzelemek — úgyszólván pillanatról pillanatra való — elemzését.<sup>2</sup>

Bonyolultabb gőzelegy-rendszerek adszorpciójának interferométer segítségével végzett vizsgálatairól azonban eddigeli irodalmi adattal nem rendelkezünk.

### 1. A vizsgált adszorbeáló anyagok.

E végett célul tűztem ki olyan gázelegynek, melyek levegőn kívül különböző összetételben alkohol- és étergőzőket tartalmaznak, adszorpcio vizsgálatát. Mindkét utóbbi gőz a silicagelek által adszorbeálható.

Hat különböző szilárd kovasavkocsonya (silicagel) készítményt vizsgáltam meg és pedig:

A silica Gelv származása	Víztartalom szárítás után
1. BORSIG TEGEL: Silica Gel Corp., Baltimore Gel — — — —	0.63 %
2. F. HERMANN: Köln-Bayenthal, Sorte «A» — — — —	0.57 %
3. " " " " «E» — — — —	0.69 %
4. Deutsche Colloid Ges. Köln-Kalk 2—3 mm szemecskék —	0.86 %
5. " " " " 0.5—2 " " — —	0.49 %
6. Intézetemben $SiCl_4$ hydrolyzise útján előállított gel — —	0.27 %

A gelek kísérlet előtt portalanítottak, közvetlen a kísérlet előtt 200 C°-on 15—20 mm higanyoszlopnymású légritkított térben állandó súlyig (ca 4 óra) szárítottak. Fenti táblázat II. rovatá tartalmazza az ezután 800 C°-ra szárított próbák, így módon elszállt víztartalmát.

<sup>1</sup> W. A. PATRICK és munkatársai: J. Am. Chem. Soc. 42. 946. l. (1920) és 44. 1. l. (1922). J. f. Phys. Chem. 29. 336. l. (1925).

<sup>2</sup> BERL és ANDREES: Ztschr. angew. Chem. 34, 369 (1921).

## 2. A vizsgálat módszere.

Az interferométer kallibrálása külön történt az alkohol-gőzökre, és külön az étergőzökre a BERL és ANDREES említett munkájában megadott módon. Tekintve, hogy a kitűzött feladat az volt, hogy e mindkét gőz együttes levegőelegyét vizsgáljuk, erre új vizsgálati módszer volt megállapítandó, mert mint fent említettem, ilyen feladat megoldása az irodalomban, tudomásom szerint, eddigelé nem fordult elő.

Mindenekelőtt megvizsgáltuk, hogy a kevert gázok *törésmutatójának teljesen additív tulajdonsága*, melyről az irodalomban találunk említést,<sup>1</sup> mily töménységű határok mellett áll fenn. Levegőelegyben például azt találtuk, hogy ha az éter-töménység nem nagyobb, mint  $75 \text{ gr/m}^3$ , akkor az exact összegezhetőség esete fennáll. E gőztöménységnél tetemesen kisebbel végeztük tehát kísérleteinket.

Először is az átáramló tiszta (széndioxidtól és nedvességtől mentes) levegő mennyisége méretett, mely célra egy precíziós gázóra szolgált. A levegő egyenletes áramlását csapberendezések szabályozták. E levegőt kettős karburátoron vezettük keresztül. Az — egy közös termosztátban elhelyezett — alkohol- és éterkarburátorok megfelelő csapokkal voltak ellátva, melyek segítségével a levegő által elvitt gőzmennyiség pontosan beállítható volt. E karburátorok tízpercenként lemerettek és súlyvesztésükből, valamint az egyenletesen átáramló levegő pontos mennyiségéből a kiinduló gőzelegy töménysége időről-időre meg volt állapítható.

E gőzelegy egy edénykén áramlott keresztül, melyben a vizsgálandó silicagel (körülbelül  $1.5 \text{ gr}$ ) volt elhelyezve s melynek időnkint mért súlyszaporulatából meg volt állapítható az adsorbeált alkohol és éter *együttes* mennyisége.

Mielőtt és miután a gázelegyünk ez edénykén áthaladt, megfigyeltük a törésmutatóját a HABER—LÖVE-féle hordozható háromkamarás (kamrahossz  $25 \text{ cm}$ ) interferométerben oly mó-

---

<sup>1</sup> O. MOHR: Ztschr. angew. Chem. und Ztrbl. f. techn. Chem. XXV. 26. (1912) und B. I. 1313 ff.

don, hogy az első kamrán a kiinduló gázelegy haladt keresztül, a másodikon pedig ama gázelegy, mely az adsorbeálásra szolgáló edénykét már elhagyta. A harmadik kamra tiszta széndioxidtól mentes és száraz levegőt tartalmazott s időnkint, ellenőrzésképpen, e harmadik kamrában levő gáz törésmutatóját is megvizsgáltuk. Az adsorbeált gőzmennyiségek és az adsorpciós edényt elhagyott gázelegy, alkohol és éter együttes tartalma összegének természetesen meg kellett egyeznie a kiinduló gázok együttes éter és alkohol tartalmával.

Mint előkísérletek által meggyőződünk, e módszer csak akkor adott használható értékeket, ha az interferométer kamráiban a leolvasások alatt a gázok *nyugvó* (azaz nem áramló) állapotban voltak. Áramlás esetében 20—30 interferométerskálárész bizonytalanság is észlelhető, nyilván mert az áramló gázok törésmutatója ingadozó. Nyugvó gáznál azonban az említett ellenőrzés legfeljebb 2—3 skálárész bizonytalanságig minden esetben bevált. Ennélfogva alkalmas berendezésre volt szükség, hogy egyenletes gázáramlás mellett, a leolvasások alatt, az interferométer kamrákban nyugvó és nem áramlásban levő gázelegyek álljanak rendelkezésünkre.<sup>1</sup>

A kísérleti adatok kiértékelésének gondolatmenete a következő volt. Kísérletileg ellenőrzött egyenletes gázáramlást feltételezve, a kiindulási gázelegynek éppen *egy* köbmétere, az adsorptiós edényben vesztett «G» gr «alkoholt és étert». «G» az adsorptiós edény súlynövekedéséből megállapítható.

$$G = x + y,$$

hol  $x$  a kiszámítandó adsorbeált alkohol,  $y$  pedig az étermennyiség köbméterenként.

Az interferométeres leolvasások 1. és 2. kamra értékeinek különbsége «A»

$$A = ax + by,$$

---

<sup>1</sup> Ez a berendezés, valamint a következőkben tárgyalt adatok szerzésének részletes leírása a «Zeitschrift für Elektrochemie, und angewandte physikalische Chemie» még 1928-ik évfolyamában megjelent részletes cikkben található meg. (103. lapszám.)



ahol « $a$ » 1 gr/m<sup>3</sup> alkoholnak megfelelő interferométerérték a készülék skálarészeiben mérve, « $b$ » pedig 1 gr/m<sup>3</sup> étergőznek megfelelő értéke.

E két egyenletből  $\alpha$  és  $\gamma$  értékek meghatározhatók s ily módon végeredményben az alkohol- és étergőzők az adsorbeáló anyagsúly %-aiban kifejezett együttes adsorpciójának változása az időhöz viszonyítva felbontható volt a két komponens: az éter és alkohol megfelelő adsorpciós görbéjére.

A módszernek hiba-vizsgálata  $\pm 2\%$  pontosságot eredményezett.

Az adsorbeálandó gázelegynél négyféle karburációs töménységet vizsgáltunk meg és pedig:

1.	8 gr alkohol és 16 gr éter köbméterenkint, viszony	$\frac{\text{gr alk.}}{\text{gr ét.}} = 0.5$
1.	14 " " " 16 " " " " " "	" " = 0.88
3.	16 " " " 16 " " " " " "	" " = 1.
4.	16 " " " 12 " " " " " "	" " = 1.33

A gázelegyek pontos beállítása nagy gyakorlatot és hosszadalmas fáradozást igényelt. A beállítás megtörténvén, az egyes adsorpciós kísérletek 80—120 percig tartottak.<sup>1</sup>

### 3. Kísérleti eredmények.

A részletes eredményeknek 10—10 percenkint összeállított adatai a mellékelt első táblázatban vannak összeállítva.

Mint ilyenfajta adsorpciós kísérleteknél általában, úgy ez adatokból is kiolvasható, hogy az adsorpciosebesség kezdetben a legnagyobb és idővel mindinkább csökken.

A következő ábra három tipikus adsorpció-diagramja az általunk készített silicagelra vonatkozik. A legfelső görbe mind a három esetben az össz-adsorpció görbéje, alatta a szétbontott «alkohol» és «éter» görbék helyezkednek el.

E két görbe viszonylagos helyzete — a többi kísérleteknél is — a karburálási «alkohol:éter»-viszonytól függ.

<sup>1</sup> A kísérletek kivételénél STEINHAUS BÉLA, GÜTTCHE FRIGYES és FÓNYAD JÓZSEF urak segítettek. A kísérleti adatok fáradságos kiértékelését SZELÉNYI GÉZA adjunktus úr végezte.

I. Tab-

A kísérlet száma	A Silica gel megjelölése	Karbura- lálási viszony alkohol: aether	Adsorbeált	Adsorbeált		
				10'	20'	30'
1.	Borsig Silica gel Corporation	8:16 = 0.5	Alkohol	0.88	1.72	2.56
			Aether	1.36	2.68	3.97
2.	F. Herrmann, Köln-Bayenthal Sorte «A»	«	A	0.86	1.62	2.41
			Ae	1.53	2.82	4.11
3.	F. Herrmann, Köln-Bayenthal Sorte «E»	«	A	0.92	1.72	2.48
			Ae	1.56	2.79	4.09
4.	Colloid Ges. Köln-Kalk, 2—3 $m_m$	«	A	1.18	2.24	2.94
			Ae	1.93	3.30	4.67
5.	Colloid Ges. Köln-Kalk, 0—2 $m_m$	«	A	1.34	2.47	3.07
			Ae	2.09	3.42	4.75
6.	Saját Silica gel $SiCl_4$ -ből, 2—5 $m_m$	«	A	1.04	2.04	3.02
			Ae	1.85	3.60	5.33
7.	Borsig Silica gel Corp.	14:16 = 0.875	A	1.54	3.01	4.43
			Ae	1.52	2.96	4.34
8.	F. Herrmann, Sorte «A»	«	A	2.04	3.84	5.38
			Ae	2.23	4.23	5.62
9.	F. Herrmann, Sorte «E»	«	A	1.80	3.58	4.52
			Ae	2.13	3.79	4.75
10.	Colloid Ges., 2—3 $m_m$	«	A	1.77	4.21	5.54
			Ae	1.90	4.36	5.66
11.	Colloid Ges., 0—2 $m_m$	«	A	2.01	3.84	5.30
			Ae	2.08	3.95	5.36
12.	Saját Silica gel, 2—5 $m_m$	«	A	2.26	5.15	6.51
			Ae	2.33	5.29	6.65
13.	Borsig Silica gel Corp.	16:16 = 1	A	1.64	3.59	5.83
			Ae	1.37	2.97	4.77
14.	F. Herrmann, Sorte «A»	«	A	2.60	4.26	5.59
			Ae	2.41	4.09	5.25

ázat.

alkohol és aether 10—10 percenként, súly %o-okban										Adsorpció-viszony a kísérlet		Adsorpció- viszony középértéke az összes kísérletekből
40'	50'	60'	70'	80'	90'	100'	110'	120'		kezdetén	végén	
3·42	4·42	5·82	6·79	7·28	7·51	7·64	7·66	—		0·65	0·66	0·65
5·33	6·83	8·98	10·45	11·27	11·46	11·53	11·57	—				
2·99	3·25	3·39	3·42	3·46	—	—	—	—		0·56	0·61	0·59
5·06	5·44	5·65	5·69	5·68	—	—	—	—				
3·06	3·31	3·49	3·55	3·62	—	—	—	—		0·59	0·62	0·61
5·02	5·44	5·58	5·74	5·80	—	—	—	—				
3·47	3·98	4·36	4·55	4·59	4·61	—	—	—		0·61	0·66	0·65
5·46	6·20	6·76	6·96	6·96	6·97	—	—	—				
3·57	4·02	4·37	4·67	4·74	4·81	4·97	4·99	—		0·64	0·70	0·67
5·54	6·22	6·71	7·02	7·04	7·05	7·12	7·13	—				
4·02	4·50	5·35	5·82	6·01	6·23	6·25	6·26	—		0·56	0·57	0·57
6·69	8·47	9·40	10·21	10·62	10·84	10·89	10·93	—				
5·77	7·03	8·27	9·34	10·19	10·81	11·09	11·17	11·22		1·01	1·03	1·03
5·63	6·86	8·05	9·07	9·88	10·52	10·74	10·82	10·85				
5·85	6·09	6·28	—	—	—	—	—	—		0·92	1·01	0·96
5·99	6·21	6·22	—	—	—	—	—	—				
4·92	5·11	5·20	5·23	—	—	—	—	—		0·85	0·97	0·95
5·05	5·20	5·29	5·32	—	—	—	—	—				
6·29	6·53	6·62	6·71	6·73	—	—	—	—		0·93	1·01	0·99
6·31	6·46	6·57	6·57	6·58	—	—	—	—				
6·96	7·14	7·19	7·21	—	—	—	—	—		0·97	1·04	1·01
6·80	6·91	6·94	6·96	—	—	—	—	—				
7·45	8·08	8·46	8·66	8·69	—	—	—	—		0·97	1·00	0·98
7·57	8·13	8·48	8·67	8·68	—	—	—	—				
7·65	10·23	11·31	11·89	12·21	12·34	12·36	—	—		1·2	1·3	1·25
6·24	8·22	9·11	9·35	9·48	9·58	9·62	—	—				
6·18	6·46	6·62	6·66	6·69	—	—	—	—		1·08	1·07	1·06
5·87	6·12	6·19	6·26	6·28	—	—	—	—				



alkohol és aether 10—10 percenként, súly %-okban									Az adsorpciós-viszony a kísérlet		Adsorpciós- viszony középértéke az összes kísérletekből
40'	50'	60'	70'	80'	90'	100'	110'	120'	kezdetén	végén	
5·66	5·81	5·88	5·93	—	—	—	—	—	1·03	1·05	1·03
5·47	5·60	5·64	5·65	—	—	—	—	—			
6·54	6·86	7·02	7·05	7·06	—	—	—	—	1·13	1·08	1·08
6·07	6·38	6·52	6·54	6·54	—	—	—	—			
6·08	6·68	7·06	7·22	7·29	—	—	—	—	1·05	1·06	1·06
5·77	6·32	6·66	6·80	6·84	—	—	—	—			
8·19	9·11	9·80	10·52	11·15	11·59	11·64	—	—	1·17	1·17	1·17
6·99	7·78	8·37	8·98	9·52	9·90	9·95	—	—			
7·17	8·61	9·91	10·97	11·77	12·08	12·17	—	—	1·35	1·37	1·36
5·29	6·37	7·31	8·09	8·66	8·85	8·92	—	—			
6·34	6·72	6·88	6·93	6·95	—	—	—	—	1·38	1·45	1·43
4·41	4·65	4·73	4·78	4·80	—	—	—	—			
6·45	6·73	6·92	7·05	—	—	—	—	—	1·38	1·44	1·41
4·57	4·69	4·81	4·89	—	—	—	—	—			
7·68	7·99	8·11	8·11	—	—	—	—	—	1·34	1·38	1·38
5·58	5·78	5·86	5·88	—	—	—	—	—			
7·37	7·81	8·01	8·07	—	—	—	—	—	1·37	1·44	1·41
5·22	5·45	5·58	5·62	—	—	—	—	—			
6·57	7·83	8·98	9·87	10·56	10·93	11·06	11·08	11·10	1·28	1·37	1·32
5·24	6·01	6·66	7·25	7·85	8·02	8·06	8·08	8·09			

Ha a karburálási viszony értéke  $\frac{8}{16} = 0.5$ , akkor az éter adsorpciója az alkohol adsorpcióját meghaladja: az étergörbe tehát az alkoholgörbe *felé* kerül.<sup>1</sup>

*A vizsgált silicagelek tehát az alkoholt és étert nem a karburálási arányban adszorbeálják, hanem az adszorbeálási folyamatnál eltolódás észlelhető és pedig az alkohol előnyére.*

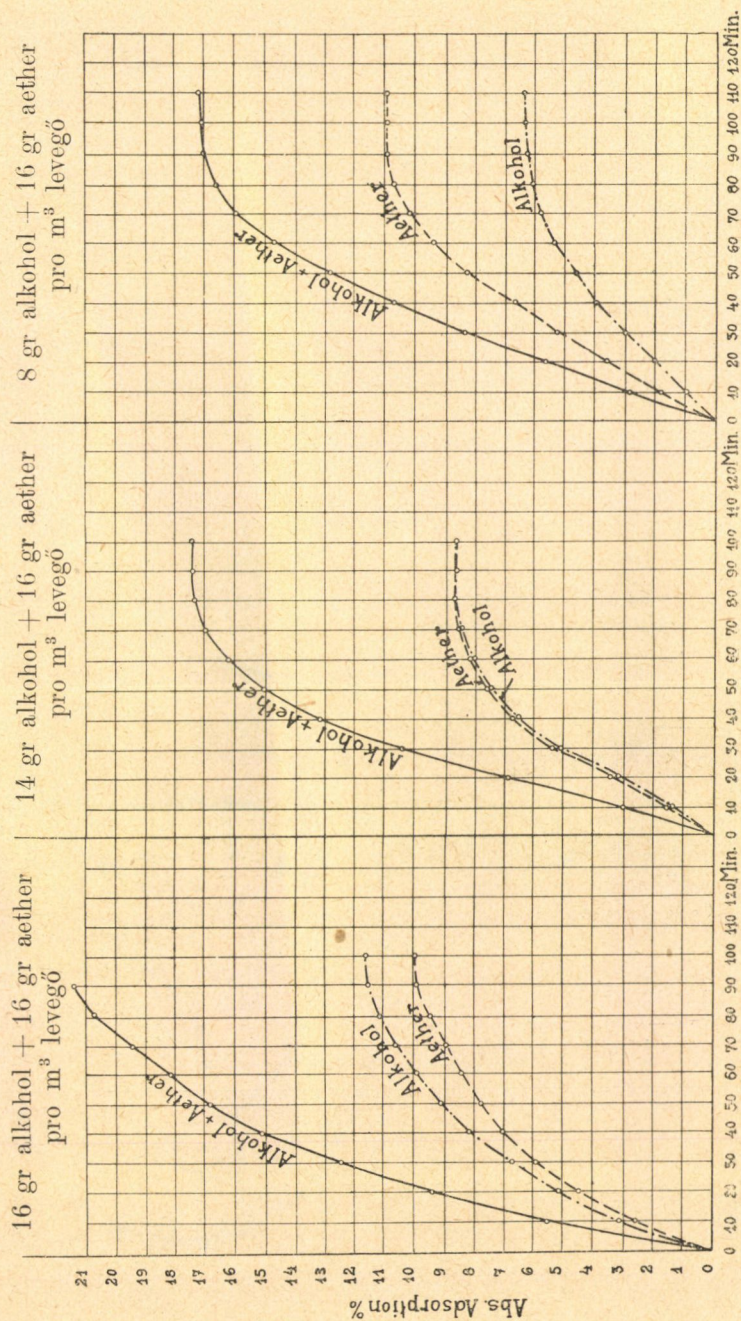
Ha a karburálási arány  $\frac{14}{16} = 0.88$ , akkor hasonló eltolódás folytán az alkohol- és étergörbék egymáshoz közelebb esnek, sőt úgyszólván fedik egymást (középső grafikonrész). Az adsorpciós viszony ily esetekben 0.99—1.1 között változik. Ilyen összetételarányú gőzelegyből tehát az összes vizsgált silicagelek megközelítően ugyanannyi grammos alkoholt adszorbeálnak, mint étert.

Továbbnövekedő alkoholtartalmú karburálási aránynál a két görbe helyzete ismét távolodó. Egymáshoz viszonyított helyzetük azonban megfordul, a kisebb adsorptiót felmutató étergörbe az alkoholgörbe *alá* kerül. E jelenség határozottan észlelhető a harmadik baloldali görbéknél,  $\frac{10}{16} = 1$  karburálási arány esetén, és még kifejezettebben a  $\frac{12}{16} = 1.33$  karburálási arány vizsgálatánál. (Ez az utóbbi viszony a grafikonon már nincs feltüntetve!)

Érdeklődésre tarthatott igényt annak megvizsgálása, hogy egy-egy adsorpciós kísérlet tartama alatt az adszorbeált alkohol- és étermennyiségek viszonya (10—10 percenkint) *időbelileg* változó-e? A felsorolt kísérleti adatokból megállapítható, hogy ez a kérdéses adszorbeálási arány az egész adsorpciós folyamat alatt *majdnem állandó*.

A felsorolt kísérletek és eredmények ismerete után felmerült egy további kérdés eldöntésének a szükségessége. Az alkohol és éter adsorpciós görbék 14 gr alkohol : 16 gr éter pro  $m^3$  karburálási viszonymál — mint említettem — fedést mutattak. Bekövetkezik-e kölcsönös fedés akkor is, *ha a karburálási arány megmaradásával* az éter- és alkoholgőzök *abszolút* karburációs

<sup>1</sup> Lásd a hármas grafikon jobb felé eső rajzát.



II. Táb-

A kísérlet száma	A Silica gel megjelölése	Karbu- rálási viszony alkohol: aether	Adsorbeált	Adsorbeált alkohol			
				10'	20'	30'	40'
25.	Borsig Tegel, Silica gel, Corporation gel	7 : 8 = 0·875	Alkohol Aether	0·87 0·78	1·72 1·58	2·50 2·44	3·33 3·24
26.	F. Herrmann, Köln-Bayen- thal, Sorte «E»	«	A	1·13	2·31	3·38	4·16
			Ae	1·30	2·48	3·52	4·24
27.	F. Herrmann, Köln-Bayen- thal, Sorte «E»	«	A	1·19	2·33	3·36	4·19
			Ae	1·29	2·42	3·46	4·30
28.	Colloid Ges. Köln-Kalk, 2—3 $m'_m$	«	A	1·11	2·14	3·09	3·89
			Ae	1·03	2·03	2·94	3·82
29.	Colloid Ges. Köln-Kalk, 0—2 $m'_m$	«	A	1·34	2·52	3·74	4·73
			Ae	1·24	2·41	3·64	4·66
30.	Saját készítményű Silica gel $SiCl_4$ -ből, 2—5 $m'_m$	«	A	1·81	3·39	4·68	6·03
			Ae	1·94	3·46	4·81	6·09
31.	Borsig, Silica gel. Corp.	21 : 24 = 0·875	A	2·34	4·56	6·03	7·44
			Ae	2·24	4·40	5·93	7·33
32.	F. Herrmann, Sorte «A»	«	A	2·68	4·42	5·17	5·46
			Ae	2·80	4·53	5·25	5·37
33.	F. Herrmann, Sorte «E»	«	A	2·59	4·33	5·14	5·41
			Ae	2·72	4·41	5·25	5·53
34.	Colloid Ges., 2—3 $m'_m$	«	A	3·16	5·49	6·64	7·72
			Ae	3·05	5·34	6·47	7·07
35.	Colloid Ges., 0—2 $m'_m$	«	A	3·26	5·48	6·68	7·08
			Ae	3·06	5·40	6·57	6·90
36.	Saját készítményű Silica gel $SiCl_4$ -ből, 2—5 $m'_m$	«	A	3·04	5·51	7·54	8·87
			Ae	3·16	5·66	7·61	8·97



**lázat.**

[illegible]

menntiségét adsorbeálándó gázelegyünkben növeljük vagy esöktentjük? E kérdés eldöntésére mind a hat silicagel készítményünk adsorptióját még a követező két karburálási aránnyal is vizsgálát tárgyává tettük:

1. 7 gr alkohol : 8 gr éter köbméterenkint arány : 0·88
2. 21 " " : 24 " " " " : 0·88

E kísérlet adatai és eredményei a másodík táblázatban vannak összeállítva.

Látható, hogy az adsorpcio aránya (gr alk : gr éter) minden kísérletnél szorosán 1·00 érték körül mozog. Teljesen kielégítő pontossággal megállapítható tehát a görbék teljes fedése a vizsgált nagyobb és kisebb abszolút töménységek esetében is. Még pedig az összes vizsgált kovasavkészítményekre nézve.

Ez utólagos kísérletek időbeli lefolyásánál mind a hat vizsgált kova-savra vonatkozólag megállapítható, hogy: mennél nagyobb a gázelegy együttes alkohol- és étergőztartalma egyenlő kezdő-időközökben, annál nagyobb gőzmennyiség adsorbeáltatik; azaz a telítettségi határ annál gyorsabban érhető el, mennél nagyobb — egyenlő karburálási arány mellett — a kiinduló gázelegy *abszolút* gőztartalma.

Kiemelendő eredménye az összes végzett kísérleteknek, hogy a kísérletenként egymáshoz tartozó karburálási arányszámok és adsorptiós arányszámok (mindkettő gramm alkohol osztva gramm éter alakjában kifejezve) numerikusan nem egyenlők ugyan, de e két számérték egymástól függőnek minősíthető. A nagyobb arányú alkoholadsorpcio — mint említettük — ez arányszámértékek összeállításánál oly módon jut kifejezésre, hogy az adsorpció arányszám a hozzátartozó karburálási arányszámnál mindig nagyobb.

Az összes (tízpercenként megállapított) adatok középértéke gyanánt adódó gr alkohol : gr éter adsorpció viszonyok az 1. és 2. táblázat utolsó rovataiban vannak összeállítva.

Kivéve a 24-ik kísérletet, hol az adsorpció arány a karburálási viszsonnyal megegyezik, az adsorptiós arányszámok középértékei 4—25 % -kal nagyobbodást mutatnak a megfelelő karburációs arányszámokkal szemben.

Jelen munka csak az adsorpcio *általános* jelenségeivel foglalkozik. A különböző itt megvizsgált silicagelek *egyéni* tulajdonságainak összehasonlítását csak az itt felsorolt vizsgálati módszeren kívül más — folyamatban levő — vizsgálatok befejezése után végezhetjük.

### Az eredmények összefoglalása.

1. Egy új dinamikus módszert dolgoztunk ki, melynek segítségével különböző silicagelek alkohol- és éteradsorpciója levegőelegyből együttesen, de külön-külön is meghatározható. Elemzőműszer gyanánt egy háromkamrájú gázinterferométer szolgált.

2. A módszer segítségével öt kereskedelmi silicagel-készítményt és egy olyant vizsgáltunk meg, amelyet silíciumtetrakloridból, hidrolízis által, magunk állítottunk elő.

3. Megállapítható, hogy a vizsgált adsorpcio folyamat: az alkohol- és étergőzök együttes elnyeletése nemcsak az abszolút alkohol- és étermennyiségektől, hanem a levegő-gőzelegy adsorpcio előtti összetételétől (karburálási aránytól) is függ.

4. A karburálási arány (köbméterenkinti): gr alkoholgőz : gr étergőz azonban numerikusan nem ugyanaz, mint a megfelelő hasonlóan képzett adsorpciós arány. Az adsorpciofolyamat által az elnyelt alkoholmennyiségnek kedvező eltolódás észlelhető. A két összetartozó arányszám közül tehát az adsorpciós arányszám a nagyobb, a karburálási arányszám a kisebb.

5. Ha a karburálási arányszám 0.88 (14 gr alkohol és 16 gr éter pro m<sup>3</sup>), akkor az adsorpcio arányszám 1.00. Vagyis ez esetekben a vizsgált gelek egyszerre az alkohol és éter egyenlő súlymennyiségét adsorbeálják. Ezt az arányt megtartva, de a gőzök abszolút mennyiségét másfélszeresre növelve, vagy felére csökkentve, lényeges változás az összes gelek adsorpcio-arányainak tekintetében nem volt tapasztalható. Úgyisint észlelhető volt a kísérleteknél általánosan (az összes vizsgált gelek esetében), hogy *nagyobb abszolút gőzmennyiségek* esetében az egyenlő kezdő-időközökben elnyelt gőzmennyiségek is *nagyobbak* voltak és hogy a telítettségi határ is *gyorsabban* érhető el.

6. Az adsorpciós folyamat időbeli lefolyására nézve a vizs-

gált kísérleti anyag azt bizonyítja, hogy a gőzök adszorbeálásának folyamata, az adszorbeálás a vége felé mindinkább gyengül, ellenben az adszorbeált alkohol- és étergőzök *aránya* az adsorpcio egész folyamata alatt, annak elejétől végéig, megközelítőleg állandó.

Jelen munka a Természettudományi Alap támogatásával a Kir. József Műegyetem anorganikus kémiai laboratóriumában készült.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 november 12.-én tartott üléséből.)

# DER ZEITLICHE ADSORPTIONVERLAUF VON GAS- GEMISCHEN, WELCHE AUSSER LUFT NOCH ZWEI ADSORBIERBARE DÄMPFE ENTHALTEN.

Von LADISLAUS von PUTNOKY.

*Die Resultate vorliegender Untersuchungen können im Folgenden zusammengefasst werden:*

1. Es wurde eine neue dynamische Methode ausgearbeitet, mit derer Hilfe die gemeinsame Alkohol- und Aether-Adsorption verschiedener Silica-gele verfolgt werden konnte. Als Analyseninstrument diente ein dreikammeriger Gasinterferometer.

2. Es wurden die Adsorptionsverhältnisse fünf verschiedener handelsüblichen Silicagelpräparate, und eines Silicagels, das wir aus Siliciumtetrachlorid durch Hydrolyse selber erzeugten, untersucht.

3. Es liess sich feststellen, dass der Vorgang der simultanen Adsorption des Alkohol- und des Aetherdampfes aus Luft durch Silicagele immer sowohl von der *absoluten Menge* der karburierten Dämpfe, als auch von dem *Karburierungsverhältnis* der adsorbierbaren Komponenten abhängt.

4. Das Karburierungsverhältnis : gr Alkoholdampf zu gr Aetherdampf ist jedoch nicht dasselbe, wie das ihnen entsprechende Adsorptionsverhältnis der beiden jeweils *adsorbirten* Dampfmenge: es findet immer eine, in dem Falle der Adsorption zu Gunsten des Alkohols liegende Verschiebung statt. Mit anderen Worten: die Karburierungsverhältniszahl und die ihr entsprechende Adsorptionsverhältniszahl (des Alkohols zu dem Aether) sind zwar von einander abhängig, aber sie sind numerisch nicht gleich, letztere ist stets die grössere.

5. Es wurde experimentell dasjenige Karburierungskonzentrationsverhältnis : Alkohol : Aether bestimmt, bei welchem die Silicagele *gleichzeitig gleiche* Gewichtsmengen Alkohol und Aether adsorbieren. Dieses Karburierungsverhältnis war bei allen untersuchten Silicagelen ungefähr dasselbe, und änderte sich nicht wesentlich, wenn *bei gleichem* Karburationsverhältnis die *absoluten Mengen* der Dämpfe in Luft grösser, oder kleiner waren.

6. Was den *zeitlichen* Verlauf der Adsorptionswirkung betrifft, so erhellt sich aus dem untersuchten Material, dass der Verlauf der Adsorption nach dem Ende zu abflauend verläuft, dagegen das *Verhältnis* zwischen den adsorbierten Alkohol- und Aethermengen bei allen von uns untersuchten Gelpräparaten — vom Anfang der Adsorption bis zu deren Ende — stets nahezu konstant bleibt.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 12. November 1928.)

## A MONZUNCIRKULÁCIÓ LEFOLYÁSÁRÓL.

SZÁVA-KOVÁTS JÓZSEF-től.

A szárazföld és tenger közötti nagyszabású légkörzés, az úgynevezett monzuncirkuláció, eddig inkább klimatológiai, mint meteorológiai vonatkozásaiban vizsgáltatott meg. Az ilyen irányú kutatások feltűnő egyoldalúsága egyrészt a jelenséget kitermelő erők természetével, másrészt a lejátszódás nagy területével magyarázható.

Ismeretes, hogy monzun csak olyan szélességeken fejlődik ki, ahol a besugárzásnak jelentékeny évi amplitudója van. Az ilyen területeken a kétféle felszín elütő termikus reagálása miatt a melegháztartás gazdagabb és szegényebb időszakában ellentétes hőmérsékleti eloszlás keletkezik. Az okok elméleti összeállítása tehát két ellentétesen köröző és félévenként átforduló cirkulációnak, egy téli és egy nyári monzunnak feltevésére vezet. Mivel ezt az elméletileg levezethető megállapítást a különböző meteorológiai elemek átlagértékeivel szárazföldön és tengeren könnyű igazolni, a jelenség lényegét ennyiben megoldottnak is tekintették. E miatt már csak néhány részlettanulmány látott napvilágot, míg a jelenség egészére kiterjedő, átfogó vizsgálatok elmaradtak. Minden további beható megfigyelés és tüzetesebb feltárás számára pedig a jelenség megjelenésének kiterjedt játéktere szolgált visszariasztó akadályul.

Ilyen körülmények között a cirkuláció tényleges lefolyása nem tudott kitisztázódni s ezért a kérdést azzal a hallgatóságos föltevéssel ütötték el, hogy a tél és nyár nagy időjárási ellentétei — a sugárzási viszonyok analógiájára — folyamatosan épülnek ki, illetőleg omlanak össze. Ez a felfogás mindvégig sértetlenül tartotta magát, csak a legújabb időben kezdte ki MYRBACH, mert ő pusztán elméleti elgondolás útján arra jött rá, hogy

a föltevés nem lehet helytálló. Szerinte a szárazföld és tenger közötti nagy váltakozó légáramlásokban a belső súrlódás nem elegendő, hogy az egyszer elindult mozgást lefékezze, mihelyt a sugárzási viszonyok következtében a nyugalmi helyzet eléretett, hanem — az ingához hasonlóan, amely a nyugalmi helyzeten áthaladva a nehézségi erővel szemben munkát végez — a levegőtömegek innen kezdve helyzeti energiát halmoznak fel mindaddig, míg a sugárzási viszonyok és a nehézségi erő ki nem erőszakolják a megfordulást. Az egyik nagy időjárási helyzetből a másikba való átmenet a két solstitium között tehát nem folytatólagosan, hanem ritmikusan történik.

A MYRBACH-féle hipotézis a cirkuláció lefolyásának ezzel a vázlatával az évi periódus több szabályszerű eseményét csakugyan megérteti velünk, de az alapjelenség valóságos folyamatát továbbra is homályban hagyja. Végeredményben tehát fokozottabb mértékben vetődik fel annak a szüksége, hogy az atmoszféra ezen nagyszerű jelensége az eddigi teoretikus megoldások helyett végre empirikus feldolgozásban is részesüljön. Az alábbiakban bemutatom ebben az irányban végzett vizsgálatom eredményét.

Azok a nehézségek, amelyek a probléma megfejtését idáig késleltették, a vizsgálat számára most is súlyos akadályokat jelentettek s egyrészt a munkával való kényszerű takarékoskosságot követelték meg, másrészt a felhasznált módszer megválasztását írták elő. Mivel a kutatás célja a jelenség kifejlésének és egész történetének részletes megismerése volt, a módszert főleg arra kellett alkalmassá tenni, hogy vele a légköri események időbeli és térbeli tovahaladásukban egyaránt nyomon követhetők legyenek. A történéseknek ez a folyamatossága azonban csak olyan terjedelmes anyaggal tárható föl, amelynek megmunkálása az egyes kutató teljesítőképeségét meghaladja. A vizsgálat ezért nem is terjedhetett ki hosszabb időtartamra és csak az 1922—1926. évek anyagára szorítkozott. A módszeres követelmények kielégítése a vizsgálatot majdnem kizárólag légnyomásmegfigyelésekre utalta, mert egyedül ez az elem az, amelyről egész féltékenyre kiterjedően sűrű időközökben megadott és aránylag könnyen megszerezhető adatok állanak rendelkezésre. A feldolgozott nyomásadatok a budapesti Magyar Meteorológiai Intézet térképes idő-



jelentéseiből, továbbá a német, amerikai, japáni és orosz intézetek hasonló kiadványaiból interpolációs úton állítottak elő. A vizsgálat alá vett jelenség megszabott időbeli és térbeli keretei lehetővé tették, hogy egyfelől átlagértékeket képezzünk, másfelől a vizsgálat térbeli részét csak a közepes szélességekre redukáljuk.

A vizsgálat abból a kérdésből indult ki, hogy szárazföldön és tengeren — az egymással szembenálló két nagy akciósterületen — a légnyomásjárás között milyen korrelációk mutatkoznak?

Erre a kérdésre úgy tudunk feleletet adni, hogy megkeresünk a kétféle felszín termikus súlypontjait és azok nyomásadatait szembesítjük egymással. A megoldás könnyebbségét jelenti, hogy a szembenálló akciósgócok pontos meghatározása tulajdonképpen szükségtelen. A hatásmezők nagy kiterjedése ugyanis jellemvonásuk felismerését a centrum körül nagy távolságokban is biztosítja.

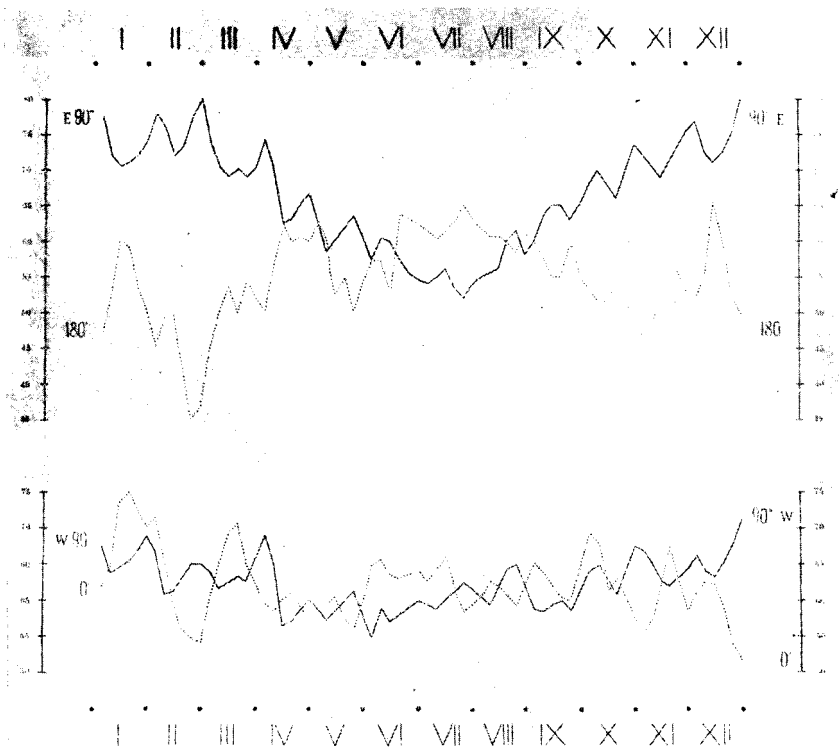
A probléma ilyen leegyszerűsítése után a vizsgálatot úgy vezettük le, hogy a budapesti parallelán körülhaladva kijelölünk négy olyan földrajzi hosszúságot, amelyek részint a kontinentális, részint az óceáni hatások reprezentálására lehetnek hivatottak. Az egymástól  $90^\circ$  távolságra fekvő helyek kiválasztásában a helyzeti jelentőségen kívül a szimmetriális elosztás is irányadó volt. A hozzájuk tartozó nyomásértékek az 1. ábrán láthatók.

Az ábra vízszintes tengelye az időt, a függőleges a barometerállást jelenti. A nyomásadatok pentádközepekre vannak tagolva és 700 mm hozzáadásával értendők.

A felső két görbe, amely az eurázsiai kontinens és a Csendes-óceán nyomáseményeit beszéli el, rendkívül éles és pontos tükörképi viszonyt fejez ki. Bemutatják egyrészt a kétféle felszín ellentétes évi menetét, másrészt azt is, hogy az évi periódus nagy hullámvonalát rövidebb periódusok fodrozzák fel. Ezek a rövidebb periódusok a két görbén ugyanolyan ellentétességgel jelentkeznek, mint maguk az évi főhullámok, azaz a szárazföldi emelkedő nyomásnak a tengeren mindig csökkenő nyomás felel meg és viszont.

A felső görbepár összefüggése az alsókon is jelen van, bár

kevesebb tökéletességgel. Ennek az az oka, hogy a  $0^\circ$  nem jogos képviselője az Atlanti-óceánnak, valamint a W.  $90^\circ$  sem az északamerikai kontinensnek. Mindkét hely beletartozik ugyan az említett energiaterületek hatásmezéjébe, de távol van azok



1. ábra.

centrumától s így a szóban levő összefüggés rajtuk gyakran megfakul.

Az évi periódusra települt fodorhullámok beható megfigyelése az európai oldalon a következő eredménnyel jár:

1. A hullámok időtartamra nézve nagy egyöntetűséget mutatnak és hosszúságuk 30 nap körül van.

2. Intenzitásukban jelentékeny változások észlelhetők, amelyek

kettős szabályszerűséget követnek. Ez a szabályosság egyfelől abban áll, hogy a szélsőséges évszakokban az amplitudók megnőnek, másfelől pedig abban jelentkezik, hogy a ritmus minden második dobbantása erőteljesebben hangzik el.

3. A fodorhullámok megjelenésének időpontja az egymásután következő években annyira egybeesik, hogy az évi menetben szinte pontosan kijelölt időben jelentkeznek.

Ezek a megállapítások a további tárgyalás során még szóba kerülnek és bővebb kiegészítést kapnak.

A nyomásviszonyok áttekintése után most már az a probléma merül fel, hogy a hónapos löktetésű periodicitást mi okozza?

A kérdésre adandó felelettel induljunk ki az 1. ábra két felső nyomásgörbéjéből. A két görbe hasonlóságának mértéke az alábbi korrelációs koefficiensben fejeződik ki:

$$r = -0.86 \pm 0.02.$$

A korrelációs faktor magas értéke a változások közötti oki kapcsolat föltételezésére biztat, a negatívus előjel pedig azt mutatja, hogy a fodorzást elvégző erő a kétféle felszínen egyidejűleg ellenkező értelemben dolgozik. Ezt az erőt csak úgy leplezhetjük le, ha tevékenységét térben és időben egyaránt nyomon követjük, azaz a nyomásváltozásokat mindkét irányban megfigyeljük.

A nyomásváltozások megfigyelése azonban csak akkor fog haszonnal járni, ha rendelkezünk olyan normálértékekkel, amelyekhez képest az emelkedő-változások lehetőleg mindig többletet, az eső-változások pedig lehetőleg mindig hiányokat jelentenek. Könnyű belátni, hogy az ilyen normálértékek nagysága a különböző helyeken más és más, valamint azt is, hogy az ilyen érték egy és ugyanazon helyen sem lehet állandó. A kitűzött célt elég jól megközelítjük, ha a következőképpen járunk el. A budapesti párhuzamos körön minden megfigyelő-, illetőleg interpolációshelyen az évi nyomásadatokat a napéjegylenlőségi dátumokkal elhatárolva kétfelé osztjuk, kiszámítjuk mind a magas, mind a mély napállású félévek közepeit s az így nyert közepektől a megfelelő féléven át a nyomásjárás különbségeit képezzük. Ezen az úton a második ábrához jutunk.

Az ábrán a következőképpen kell tájékozódni. A vízszintes tengely mentén a földrajzi hosszúságok találhatók, a függőleges tengely mentén az idő szerepel. Az ábra alatti értékmutató a nyomásanomáliákat 3 mm-es intervallumok szerint csoportosítja.

Az anomáliák területi és időbeli eloszlását tekintve a következő megállapításokat tehetjük:

1. Az egyes felszíneken az anomáliák előjelei meglehetősen szabályos időközökben cserélődnek, azaz ritmikus ütemben felváltva hol levegőhiány, hol pedig levegőtöbblet jelentkezik rajtuk. Az így kiadódó időszakosságot a fodorhullámokkal azonos.

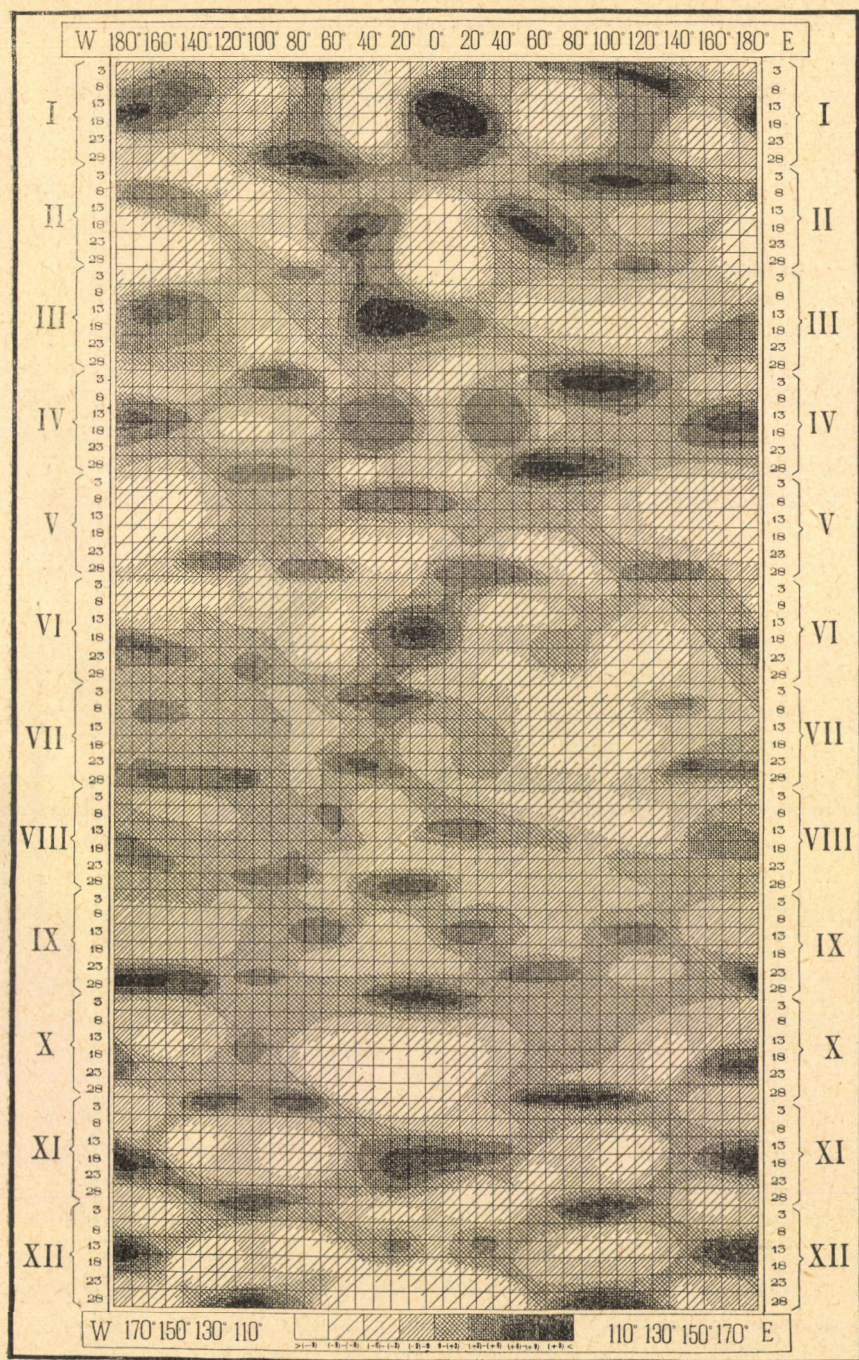
2. A kétféle felszín egyidejű anomáliái általában fordított előjelűek, vagyis a szárazföldek levegőhiányának az óceánokon levegőtöbblet felel meg és viszont. Ez egyértelmű azzal a korábbi megállapítással, hogy a fodorhullámok a kétféle felszínen ellentett fázisban haladnak. A szárazföldek és tengerek eloszlása az északi féltekén ennek következtében két emelkedő- és két esőnyomású terület jelenlétét biztosítja.

Ezen általános szabályok túlnyomó érvényesülése mellett két fontos kivételt is konstatálhatunk. Az egyik területhez kötött és szabályos időközökben felbukkanó jelenség, a másik időhöz kötött módosulás.

A területhez kötött kivétel az euráziai kontinens és az Atlanti-óceán levegőforgalmában jelentkezik és abban áll, hogy a kontinentális centrumból hiányzó levegő nem húzódik ki az óceánra, hanem a kontinens nyugati oldalán megreked. Ilyenkor a légnyomásnak három emelkedő-területe van. Ez a kivételes típus szabályosan be van iktatva az anomáliák cserélődésének normális esetei közé és ez az oka, hogy Európában a hónapos periodicitás minden második üteme csak bágadtan lüktet.

Az egyidejű anomáliák időhöz kötött eltérési típusa május végén és szeptember végén, a középeurópai nagy pozitívus hőanomáliák idején jelentkezik. Ez a típus az ú. n. négyes hullám alaprajzára emlékeztet, mert négy eső- és négy emelkedőnyomású területből áll. Az anomáliák előjele a szembenálló akciógócokban ilyenkor egyenlő s az ellentétes előjelek a közbülső területekre vannak helyezve. Erre a nyomáseloszlásra később még vissza fogunk térni.





2. ábra. A budapesti párhuzamos kör évszakos nyomásanomáliáinak izoplétái 1924-ben.

Mindezek a megállapítások világosan mutatják, hogy a szárazföldek és tengerek között szabályos időközökben lefolyó levegőcsere megy végbe. Az átrakódások egyes fázisai és különböző típusai időbeli egymásutánjukban és térbeli egymásmellettségükben tökéletes magyarázatát adják azoknak a nyomásváltozásoknak, amelyeket a hónapos nyomásperiódusokban megfigyeltünk. Ha összehasonlítjuk az anomáliák nagyságát az eltérően viselkedő területeken, akkor azt találjuk, hogy fordított előjelük mellett számértékük megközelítőleg egyenlő, vagyis a hiány és a többlet kompenzációja nyugat-keleti irányban majdnem tökéletes.

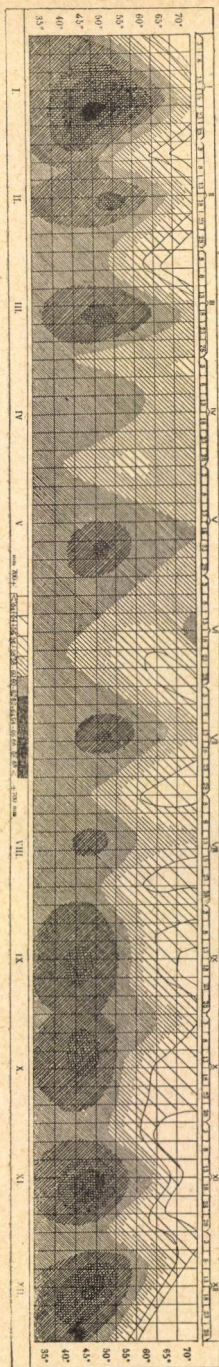
A nyomásváltozások ábrázolásának ez a módja, amely a fodorhullámokról a kétféle felszín légcseréjéhez vezetett, olyan természetű, hogy a nyomásjárás eredeti menetéről lefejtí az évi periódust, a két felszín évszakos nyomásellentéteit és csak az ezeken felüli maradékot helyezi előtérbe. A ritmikus levegőátrakódások mechanikájának földerítése azonban azt is szükségessé teszi, hogy a levegőszállítmányok útvonalát egyrészt eredeti nyomásanyagon, másrészt területi megjelenésük részletesebb előállításában is vizsgálat alá vegyük. Erre a célra az európai időjárástérképek nyomásanyaga különösen alkalmasnak mutatkozott, mert a két ellentétes akciósterület ezen anyagon egyenlő mértékben érvényesül.

Az európai időjárástérkép területén a nyomásváltozások időbeli és térbeli lefolyását a 3. és 4. ábra izoplétái tüntetik fel.

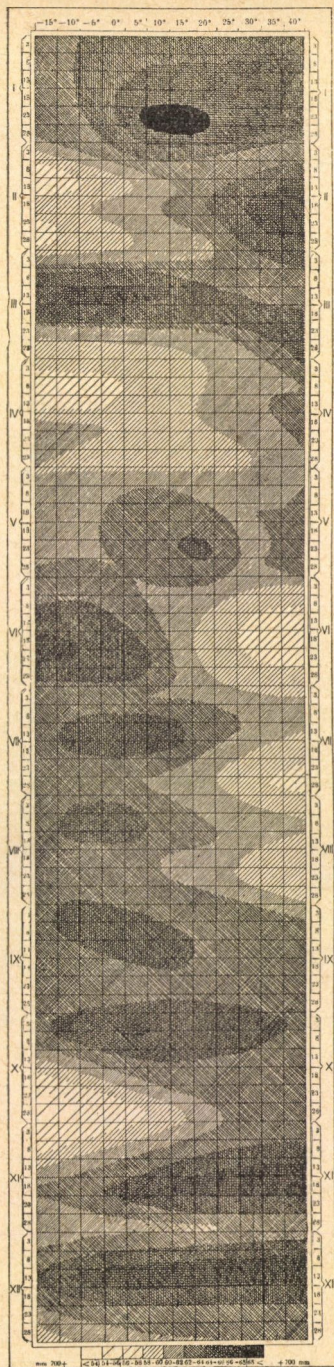
Az ábrák beosztása a következő: A 3. ábra függőleges tengelyén a földrajzi szélességek, a 4. ábra vízszintes tengelyén a földrajzi hosszúságok kaptak helyet. Mindkét ábrán a másik tengely az időt jelenti. Az ábrák alatt értékmutató található, amely 2 mm-es térközökben megadja a vonalkázásnak megfelelő nyomásértékeket.

A magas- és mélynyomású területek szabályos cserélődése mindkét izoplétarendszerben a hónapos nyomásperiódusok ritmusát tükrözi vissza, a nyomásterületek elhelyezkedése pedig a periodicitást okozó levegőátrakódások egyik fontos tulajdonságát árulja el. Láthatjuk ugyanis, hogy a levegőszállítmányok a téli félévben a szárazföldi, a nyári félévben az óceáni anticiklon testéről szakadoznak le, azaz mindig a relative hidegebb felszínről





3. ábra.



4. ábra.

3. ábra. A légnyomás évi menetének izoplétái a budapesti meridiánusban.  
 4. ábra. A légnyomás évi menetének izoplétái a budapesti paralellán.

indulnak el. A szárazföld és tenger szerepeseréje májusban és szeptember végén, illetőleg október elején megy végbe. Ezek a dátumok — amint azt előbb bemutattuk — az évszakos nyomásanomáliák egyik kivételes típusáról nevezetesekek. Az izolplétákon megfigyelhető továbbá a nyomásanomáliák másik eltérési típusa is, amely abból áll, hogy a magasnyomás ütemes előtörései nem egyenlő erejűek. Mivel a magasnyomású területek előnyomulása a 4. ábra szerint mindig a relative hideg felszínről indul meg, nyilvánvaló, hogy a mozgásba jött légtömegek hőmérsékleti szempontból mindkét félévben hőcsökkenést okoznak. A nyomásperiódusok tehát tulajdonképpen egymásután következő hidegbetörések. A hideg áramok indulóhelyének fél éves áttevődése egyik felszínről a másikra azt mutatja, hogy ezek a mozgások a két felszín közötti cirkulációba tartoznak bele.

A hideg felszín levegőleadásai azonban a ritmikus légcserének csak egyik fázisát jelentik (l. 2. ábra). Szólani kell még a másik fázisról is, vagyis arról, hogy a meleg felszín levegőbevételei hogyan kerülnek kiadásba?

Errevonatkozóan vizsgálat alá vettük a szinoptikus térképek szélirány és szélerősség bejegyzéseiből szerkesztett áramlásvonalakat. Az áramlásvonalak a várakozásnak megfelelően határozottan bemutatták a hideg felszínről a meleg felé irányuló levegőpályákat. Másfelől pedig azt a bizonyosságot hozták meg, hogy az alsó légrétegekben nincsenek olyan levegőmozgások, amelyek a meleg felszínről a hideg felé irányuló szállításokat elvégezhetnék. Ennek a transzportnak lebonyolítása tehát a magasabb régiókban történik. A transzport irányából könnyű felismerni, hogy ezek a magasságheli áramlások is beletartoznak a kétféle felszín hőmérsékleti különbségeiből fenntartott cirkulációba.

A szárazföld és tenger közötti levegőátrakódásokat tehát a két felszín közötti cirkuláció horizontális áramlásai hozzák létre. Az alsó és felső áramlások egymást váltogatva lépnek akcióba, azaz periodikus szüneteket és ismételt üzembeállásokat mutatnak. A cirkuláció vertikális mozgásai különböző elemeken végzett és a jelenség egyedi nyilvánulásaira kiterjedő megfigyelések szerint a maximális termikus zavarok területén folynak le.

Ha az alsó és felső légáramlatok mozgásának akadályait



összehasonlítjuk, könnyű felismerni azt az okot, amely a cirkuláció lefolyását szabályos időközökben lefékezi és ezzel a légkörzés folytonosságát feldarabolja. A magasságbeli áramlások a levegő csekély sűrűsége és a nagyon kicsi belső súrlódás miatt az alsókhoz képest sokkal kevésbé vannak akadályozva, mert alul a levegő sűrűség-többlete és a nagyobb belső súrlódás még a talajjal való érintkezéssel is növekvő ellenállóerőt jelent. A magasságbeli mozgás létrehozására tehát sokkal kisebb gradiens elegendő, mint amennyit az alsó mozgások igényelnek. Ilyenformán a szárazföld és tenger eltérő sugárzási reakciójából származó hőmérsékleti effektusok az alsó és felső rétegekben nem egyidejű kinetikai hatásokat váltanak ki. Így pl. hidegülő kontinens és ezzel viszonylag melegebbé váló óceán esetében az óceán felőli beáramlás a magasban már kis hőmérsékleti különbségekre is megindul, míg a kontinentális anticiklon alsó kiáramlása még soká késik. A felső levegőszállítás megfelelő alsó leadás hiányában az anticiklon területén ezzel annyira megnöveli a légnyomást, hogy az már nemcsak a hőmérsékleti különbségek nyomásegyensúlyát lépi túl, hanem a mozgási akadályok legyőzésére is képes. A felhalmozódott levegőtöbblet erőteljes szétfolyása a tehetetlenség miatt az egyensúlyi állapot elérésén túl is folytatódik és ellenkező végletbe megy át. Ez a helyzet azonban az évszak sugárzási viszonyai miatt nem tartható fenn s a nagy kisugárzó területek irányába a magasban újra megindul a levegőszállítás. A jelenség további ismétlődéseivel az egymással szembenálló akciósterületeken a nyomásváltozások az évszakai átlag körüli szabályos rezgések formájában jelentkeznek. Mivel a rezgések időtartama az évi periódus egészszámú hányadrésze, az egymásután következő években a cirkuláció nagyjából egyformán darabolódik fel, vagyis az egyes részletjelenségek csaknem azonos időpontokban ismétlődnek.

Az időben rendkívül szabályos módon lefolyó jelenség területi megjelenésben azonban nagy szabadságot engedélyez magának. Az egyes esetek megfigyelése azt mutatja, hogy a két felszín között futó áramlások induló és érkező helye széles területen változik s így az egyes áramlások nagyon különböző földrajzi koordinátákat érintenek. Ezek miatt a területi eltoló-

dások miatt egyes állomások adataiból a jelenség csak nagyon tökéletlenül mutatható ki.

Nem szabad továbbá figyelmen kívül hagyni, hogy mindezeket a megállapításokat a légnyomás vibráló menetének lesimítása útján szereztük. Az alapmező bemutatott szabályos fejlődése azonban a közvetlen megfigyelés számára legtöbbször felismerhetetlen marad, mert a fedőhelyzetek gazdag variációi az alapváltozások szabályos menetét eltakarják.

Ennyiben vázoltuk röviden azokat az eredményeket, amelyeket a szárazföld és a tenger közötti levegőforgalom megfigyeléséből meríteni lehetett. Ha ezeket az empirikus úton szerzett megállapításokat összehasonlítjuk a MYRBACH-féle teoretikus állásponttal, akkor érdekes megegyezéseket, de természetesen fontos eltéréseket is találunk. Az a föltevés, hogy a mérsékelt szélességeken a hőmérséklet évi menetében szabályszerű inverziók léteznek, a vizsgálat szerint helyesnek bizonyult. Az is bevált, hogy ezek az inverziók a két felszín eltérő sugárzási reakciójából keletkeznek. A hipotézisnek az a része viszont, amely a sugárzási reakciók által felébresztett légáramlások lefolyásáról szól, csak részben állotta ki a próbát, míg az átfordulások időszakosságága egészen tévesnek mutatkozott. A pusztán klimatológiai vizsgálatokra támaszkodó hagyományos monzun-teoria szintén megdőlt. A szárazföld és tenger közötti levegőáramok fél éves irányváltozása mellett ugyanis az is kitűnt, hogy a megfelelő áramlások nem tartanak egy-egy félévig, hanem periodikus szünetek után csak időnkint működnek. A cirkuláció tehát nemcsak egy téli és egy nyári fordulóra bomlik, hanem az egyes fél éveken belül többszörös egyértelmű légkörzéssel még tovább darabolódik.

További eredménye a vizsgálatnak az is, hogy vele a hidegbetörések szisztematikus értelmezést nyernek. Hidegbetörések ismertetésével az irodalomban gyakran találkozunk, de az idevonatkozó tanulmányok akár egyes kitüntetett időpontok vizsgálatára, akár általában az ilyen jelenségek megfigyelésére terjednek ki, mindig csak magának a konkrét ténynek izolált leírására és okfejtésére szorítkoztak. Ez az első eset, hogy a hidegbetörések egy nagy rendszer tagjai gyanánt fogatnak fel.

Eddig azt lehetett gondolni, hogy a hidegbetörések rend-

szertelenül követik egymást; a lefolytatott vizsgálat ezzel szemben megmutatta, hogy jelentkezésük az évi periódusra települt, szabályos ritmus formájában ismétlődik, vagyis föllépésükben az év határozott időpontjaihoz vannak kötve. A vizsgálat kitért a ritmus területi eltolódásaira is, amelyek megértetik velünk, hogy egyes állomások hőmérsékleti görbéin a megfelelő terminusokban miért hiányozhatnak az esedékes visszaesések.

A kritikus időpontok között több olyan van, amely már eddig is magára vonta a figyelmet és számos izolált vizsgálatnak szolgált alapjául. Ezen dátumok közül elsőnek kell említeni a júniusi hőcsökkenést, mert egyedül ennek irodalmában találjuk a hidegbetörés helyes megokolását. CHOLNOKY<sup>1</sup> már 1902-ben úgy fogta fel ezt a jelenséget, mint az ázsiai nyári monzun betörését, amelynek megjelenése vizsgálata szerint meglepő módon egybeesik az indiai «bursting of the monsoon»-nal.

A kritikus időpontok között találjuk május közepétáját és szeptember végét is, amely két terminus Közép-Európa időjárásában sokszor megvitatott kiváló szerepet tölt be. A májusi fagyok éppúgy, mint a szeptember végén megjelenő vénasszonyok nyara, főleg a magasnyomású izobárhelyzetekkel egybekötött erős be- és kisugárzásra lett visszavezetve. A részletvizsgálatok persze nem tudták megoldani, hogy az évnek ebben a két szakában miért szokott Közép-Európa felett meglehetősen nagy szabályossággal anticiklon kialakulni. Fejtegetéseinkből azonban kitűnt, hogy a szárazföld és tenger éppen ezekben az időszakokban cserél szerepet s a nyomás emelkedő területe — legalább is kelet-nyugati irányban — a kontinensek peremére kerül.

A hidegbetörések fellépésére jellemzőnek mutakozó többi időpont eddig nem vonta annyira magára a figyelmet, hogy az előbbiekéhez hasonló hirnevet szerezhett volna. Ennek oka csak az lehet, hogy ezen időpontok betörései területileg sokkal szabadabban mozognak, mint amazok.

Mindezeket a megállapításokat a légnyomás vibráló menetének lesimitása útján, az alapmező változásainak állandó köve-

---

<sup>1</sup> A Medárdus-napi időváltásról. Math. és Phys. Lapok 1902. évf. és Időjárás 1902 dec. füzet. Referálva: Meteorol. Zeitschrift 1904,

tése által szereztük. Az alaphelyzetek bemutatott szabályos fejlődése a közvetlen megfigyelés számára természetesen legtöbbször felismerhetetlen marad, mert a fedőhelyzetek gazdag takarási variációi azt minduntalan elhomályosítják. A létrejövő változatos deformációk összehatásában azonban a gyorsan tovafutó kishelyzetek csak jelentéktelen tényezők, mert a lassan változó nagyhelyzetek tartósabb befolyása majdnem mindig túlsúlyra jut. Kétségtelen tehát, hogy az alapmező hosszú ritmusai prognosztikai szempontból is nagyon figyelemre méltó jelentőségűek.

---

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1929. márc. 18-án tartott üléséből.)

# ÜBER DEN VERLAUF DER MONSUNCIRKULATION.

Von JOSEF v. SZÁVA-KOVÁTS.

(Anszug.)

Jene grossartige Erscheinung der Athmosphäre, welche durch das verschiedene thermische Verhalten des Landes und des Meeres verursacht wird, wurde bis heute durch die sogenannte Monsun-Theorie erklärt. Der ausgedehnte Spielraum der Erscheinung und andere Gründe schreckten die Forscher vor der eingehenden Untersuchung des tatsächlichen Verlaufes ab. Diese Untersuchung wurde hiemit durchgeführt und der Verlauf der Erscheinung sowohl in seiner räumlichen, als auch in seiner zeitlichen Ausbildung aufgeschlossen. Die kurze Zusammenfassung der Resultate sei hier gegeben.

1. Der Lufttransport ist in den unteren Schichten immer gegen die relativ wärmere Oberfläche gerichtet, er schreitet also ein halbes Jahr hindurch vom Festland gegen das Meer zu und ein halbes Jahr entgegengesetzt vor.

2. Diese Luftströme wirken nicht ununterbrochen während der einzelnen Halbjahre hindurch, sondern sie halten periodische Pausen ein. Die Dauer einer Wirkung und der dazugehörigen Pause beträgt ungefähr einen Monat.

3. Die Anhäufung der auf die wärmere Oberfläche rythmisch vorgestossenen Luftmassen dauert kein halbes Jahr lang, weil inzwischen in den oberen Schichten Rückverlagerungen von einem ähnlichen Rythmus vor sich gehen.

4. Das Auftreten der oberen, rückverlagernden Strömungen fällt mit den Pausen der unteren zusammen und umgekehrt.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März 1929.)

## ADATOK A MAGYAR ALFÖLD ŐSKORI NÖVÉNY- ZETÉNEK ISMERETÉHEZ.

TUZSON JÁNOS lev. tagtól.

A továbbiakban leírt növénymaradványok, úgymint: fatörzsek, magvak, toboz és levélrészletek a Magyar Alföld pleisztocén-korú rétegeiből kerültek elő és pedig részben Kiskunfélegyháza, részben pedig Kecskemét és Tiszaug környékéről.<sup>1</sup>

A kiskunfélegyházai lelőhely: az ottani városi agyagbánya, amelyet téglagyártás céljára tártak fel. Mintegy 2·5 m mélységben találtak fatörzs-részleteket, melyek eredeti helyükön állnak gyökérzetükkel együtt (1., 2., ábra). A fatörzsek töve körül egykori agyagos erdőtalaj terül el, vastag moharéteggel borítva. A mohatömegben tülevelek, magvak, csigák vannak. Ledőlt, vagyis fekvő fatörzsek is vannak bőségesen.<sup>2</sup>

A kiskunfélegyházai lelőhelyről összesen 23 fadarabot vizs-

---

<sup>1</sup> A példányok a budapesti egyetem növényrendszertani és növényföldrajzi intézete gyűjteményében vannak.

<sup>2</sup> A vizsgálati anyagra legelőször SZALAY GYULA tanár úr, a kiskunfélegyházai múzeum gondozója hívta fel a figyelmet. Geológiai szempontokból Dr. SCHERF EMIL osztálygeológus úr foglalkozik az illető területekkel és ismertette is azokat a Földtani Társulat 1928 március 7-én tartott ülésén, amikor én is közöltem egyes adatokat a kiskunfélegyházi fatörzsekről. A vizsgálati anyagot is nagyrészt ők küldötték meg nekem. Három fatörzs-részletet Dr. SZEPESFALVI JÁNOS nemzeti múzeumi őr úr bocsátott rendelkezésemre, aki a mohákkal foglalkozott. Eredményeit Dr. SCHERF szintén belefoglalta előadásába. A tiszai és kecskeméti anyagot Dr. SCHERF közvetítésével kaptam, az előbbi a tiszai híd építési munkálatai alkalmával, az utóbbi Dr. JENYI PÁL ügyvéd úr tanyáján fűrt kútból került elő. Az értékes vizsgálati anyagért és adatokért mindnyájoknak köszönetemet fejezem ki.





1. ábra. *Pinus cembra* törzsének töve a gyökérzettel, eredeti helyzetben, a kiskunfélegyházai lelőhelyen, 2·5 m mélységben (Phot. SZALAY Gy.).

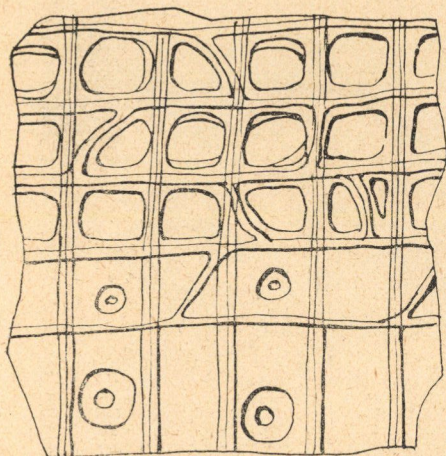




2. ábra. *Larix decidua* törzsének töve a gyökérzettel, eredeti helyzetben, a kiskunfélegyházai lelőhelyen, 4 m mélységben (Phot. SZEPESFALVY J.).

gáltam meg, amelyek között öt darab álló-, illetőleg gyökerestől, eredeti növési helyén talált törzsből való. A példányok nagyrésze gyűrött, korhadt, elmállott szövetű volt, amelyekkel a meghatá-

rozás szempontjából nem sok eredményt lehetett elérni; mintegy 8—10 példány azonban kitűnő megtartású, úgy, hogy a fa hisztológiai jellemvonásai pontosan meg voltak állapíthatók.



3. ábra. *Pinus cembra*. Sugárirányú hossz-metszet. Némileg rekonstruálva. A bélsugár-sejteken nagy gödörkék; a szélső bélsugár-sejtek tracheidák, apró, udvaros gödörkékkel. 360:1.

A fatörzsek kék agyagon foglaltak helyet; ez volt az őskori erdő talaja, amelyet igen dús mohavegetáció borított, amely kitűnő állapotban maradt meg. A mohatakaró szövedékéből az oda lehullott fenyőtűket, magvakat, csigákat stb. gondos mosással válogattam ki.



Az összes, — úgy az eredeti helyen, gyökereiken álló, valamint a fekvő fatörzsek is kétféle fenyőfajhoz tartoznak, mégpedig nagyobb-részt cirbolyafenyő (*Pinus cembra*), kisebb részben pedig veresfenyő (*Larix decidua*) törzs- és gyökérrészletek.

A *Pinus cembra*-törzsek rendkívül lassú növekedésűek voltak: évgyűrűik 0.1—0.5, átlag tehát 0.25 mm vastagok. ROSENTHAL<sup>1</sup> adatai szerint Innsbruck környékén 1900 m t. f. magasságban nőtt 72 éves törzs átlagos évgyűrűvastagsága 0.5 mm-t tett ki. Ebből arra lehet következtetni, hogy az Alföld pleisztocénbeli cirbolyafenyvesei még ennél is zordabb klíma mellett fejlődtek. Körülbelül olyan lehetett ez a klíma, amilyen az Alpokban 2000—2200, az Északi-Kárpátokban 1700—1800 m t. f. magasságnak, a horizontális elterjedést illetőleg pedig Észak Szibériának mintegy a 70—75 szélességi fok tájára eső részének

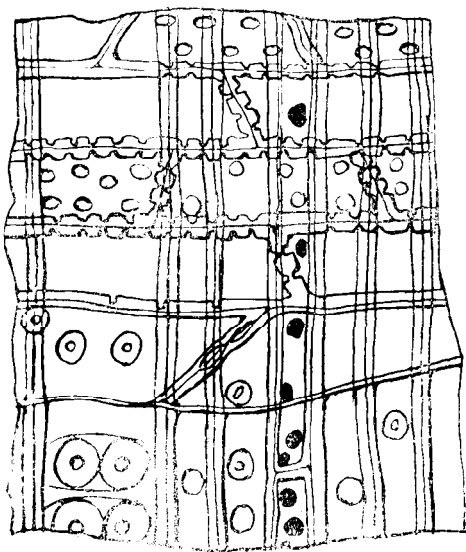
felel meg. Még pedig itt, úgy hiszem, a felső határ veendő figyelembe. Ha ugyanis az Alpokban 1900 m t. f. magasság klímájának 0.5 mm évgyűrű felel meg, akkor a kiskunfélegyházai törzsek 0.25 mm vastag évgyűrűi ennél jóval zordabb klímára



4. ábra. *Larix decidua* törzsrészlet, megvastagodott tövű ágasonkkal.

<sup>1</sup> ROSENTHAL W.: Über die Ausbildung der Jahresringe etc. Wiss. Beil. z. Jahresber. d. I. Realschule in Berlin. 1904.

vallanak. Elképzelhető ugyan enyhébb klíma mellett is igen lassú növekedés, például sziklás talajon. Ha azonban azt látjuk, hogy Alföldünk mély agyagtalaján ily minimális növekedésűek voltak e törzsek, akkor jogosan következtethetünk igen zord tundra-klimára. A *P. cembra* fáját hisztológiai szerkezet tekintetében



5. ábra. *Larix decidua*. Sugárirányú hossz-metszet. Némileg rekonstruálva. Az évgűrűháztartól balra, egy széles tavaszi tracheida; jobbra, keskeny nyári tracheidák, közöttük hossz-parenchymasor, benne sötétszínű gyan-tacseppek. A bélsugárparenchyma apró gödörkével; a szélső bélsugársejtek, tracheidák, apró, udvaros gödörkével. 320 : 1.

(3. ábra és I. tábla 1., 2. ábra) alig lehet megkülönböztetni több, más *Pinus* faj fájától. Az itt szóba jöhető *P. silvestris*, *P. nigra* és *P. montana* azonban kizártnak tekinthető: az előbbi kettő azért, mert enyhe klímához ragaszkodó fajok, amelyek legfeljebb sziklás termőhelyen fejlődnének ily lassan; az utóbbi pedig azért, mert vastag fatörzsekről van szó, holott a törpefenő igen koros, már elhaló törzsei is karvagy legfeljebb lábvastagságúak. De ezt a meghatározást követeli meg az a körülmény is, hogy a törzsek környezetében, a mohák közül, a cirbolyafenyő jellemző magvai kerültek elő.

A *Larix decidua* törzsrészletek a cirbolyafenyő törzsekkel keverten fordulnak elő. Az évgűrűk ezeken valamivel vastagabbak: 0.20–0.50 mm között változnak; vagyis átlag 0.35 mm vastagok, azonban akadnak 1 mm vastag évgűrűk is. Így a *Larix*-törzsek fejlődése valamivel gyorsabb volt, mint a cirbolyafenyőé, ami e két fajra vonatkozólag általában tapasztalható ma is. A törzsrészleteken jól kivehetők az ágörvek csomkjai. Ezek



tövükön emlőszerűen duzzadtak (4. kép), amit a *Pinus cembra* ágesonkokon is lehet tapasztalni, éppen úgy, mint ahogy a magashegységi erdők felsőbb régióiban nőtt, idősebb fák ágtovein általában ma is lehet ezt látni. A vörösfenyő magashegységi fa, illetőleg a — *Larix sibirica*-t is ideszámítva, — a subaretikus erdők növénye. Az Alpokban 900—2300 m t. f. magasságok között honos, Észak-Szibériában pedig, a cirbolyafenyőhöz hasonlóan, messze északra el van terjedve.

A vörösfenyő fájának hisztológiai szerkezete (5. ábra és I. tábla 3., 4. ábra) olyan, mint a lucfenyőé (*Picea excelsa*), amelytől megkülönböztetni igen nehéz. Legfeljebb a hosszparenchyma volna némileg jellemző a vörösfenyőre; és hosszparenchymát találtam a megvizsgált metszeteken. Ezenkívül azonban a szöveti szerkezet teljes egyezése mellett, van még egy másik támasztópontunk is, éppen úgy, mint a cirbolyafenyő esetében. Nevezetesen az egykori erdőtalaj mohatakarójából bőségesen kerültek elő a vörösfenyő kétségtelenül meghatározható tűlevelei is, ami a törzsek meghatározásában döntő.



6. ábra.

*Pinus palaeomontana*  
nov. typ. toboza. 1:1

A kiskunfélegyházi őskori erdő talaját borító mohák, Dr. SZEPESFALVI JÁNOS meghatározása szerint, három fajhoz tartoznak. Egyik a *Hypnum Hollósianum*, melyet Dr. HOLLÓS LÁSZLÓ írt le Kecskemét pleisztocén-korú altalajából<sup>1</sup> és később tüzetes meghatározással Dr. SCHILBERSZKY KÁROLY ismertetett.<sup>2</sup> A másik a *Drepanocladus Sendtneri* (SCHPR.) W., a harmadik pedig a *Scorpidium scorpioides*. (L.) LIMPR. Az első egy kihalt faj, amelynek mai rokonsága hegyvidékek és északi tájak száraz területein él. Az utóbbi kettő ma a magashegységek és északi tundralápok nyirkos, vizenyős területein honos. Így a mohavegetáció is a mellett szól, hogy az Alföldön a pleisztocén végén, illetőleg ennek magasabban

<sup>1</sup> Dr. HOLLÓS LÁSZLÓ: Kecskemét multja és jelene. Kutak, geológiai viszonyok. 25. old. 1896.

<sup>2</sup> Dr. SCHILBERSZKY KÁROLY: Math. és Természettudományi Ért. XXX. 632. old. 1912.

fekvő rétegein nyirkos, tundralápok és subarctikus erdők területek el. Hogy ez miként egyeztethető azzal, hogy — Dr. SCHERF előbb idézett közlése szerint, — a szóbanlevő agyagrétegből jávorszarvas (*Alces alces*), vaddisznó (*Sus scrofa*), gímszarvas (*Cervus elaphus*) és *Equus Abeli* csontok<sup>1</sup> kerültek elő, amelyek valamivel az erdőtalaj szintje alatt találtattak és valamivel enyhébb klímára vallanak, ez egyelőre megoldatlan kérdés marad. A mohából kiszedett csigatöredékeket Dr. Soós Lajos *Bithynia Leachi* SHEPP. héjfedőinek és a *Valvata pulchella* MÜLL. faj maradványainak határozta.

A tiszai fatörzsrészletek mintegy 14 m mélységben találtattak, egy mammuth-koponya közelében, az ottani Tisza-híd pilérjének ásatási munkálatai alkalmával. A törzsek lelőhelye, — bár mélyebben fekszik, — ugyanaz a kék agyagtalaj, mint a kiskunfélegyházai. Innen négy fatörzsrészlettel rendelkezem. Ezek közül egy teljesen elmállott, gyűrött szövetű, felismerhetetlen. A második törzs valamelyik berkenyefaj törzse; szerkezete a *Sorbus aucuparia* szerkezetével teljesen egyező (II. tábla 5. ábra). A harmadik kétségtelenül szil (*Ulmus*) (II. tábla 6. ábra). A negyedik pedig *Pinus*-törzs, a kiskunfélegyházai *Pinus cembra*tól csak annyiban különbözik, hogy évgyűrűi valamivel vastagabbak, cca 1 mm vastagok. De ez is valószínűleg *Pinus cembra*. A *Sorbus* 4 mm, az *Ulmus* 2 és 3 mm vastag évgyűrűket mutat, mindkettő idős törzs külső részlete. A *Sorbus* genus fajai ma hiányoznak az Alföldről; európai fajai a hegyvidékeken és északon élnek. Különösen a *Sorbus aucuparia* felhatol a fenyőrégió fölé is. Az *Ulmus* genus fajai közül az *U. montana* szintén eléggé északra és a hegységeken eléggé magasra felhatol, de a fenyőrégió alsóbb részeinél magasabb részről már hiányzik. Az *U. levis* és *U. glabra* pedig a dombvidék és a síksági erdők jellemző fája. Minthogy a törzsek lelőhelyét szintek szerint csak megközelítőleg adták meg a hidépítés vezetői, így azok az Alföld pleisztocénjének klímabeli ingadozásaira közelebbi, szintek szerinti támaszpontokat nem szolgáltathatnak, csak azt bizonyítják, hogy voltak ilyen ingadozások.

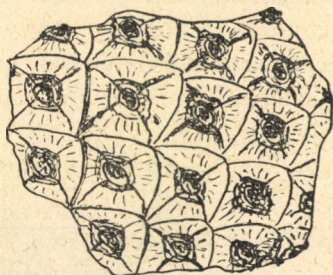
<sup>1</sup> Meghatározta a m. kir. Földtani intézetben KRETZÓI MIKLÓS. A példányok ez Intézet gyűjteményében vannak.



Igen értékes kiegészítői a tiszai és kiskunfélegyházi növény-maradványoknak azok, amelyek Kecskeméten, a Dr. JENEY-féle tanyán, kútásáskor kerültek elő.

Három fatörzs részletét és egy fenyőtobozt találtak 26 m mélységben, szintén agyagrétegben, amely valószínűleg szintén ugyanaz vagy megközelítőleg ugyanaz a szint, mint a kiskunfélegyházi tundra-erdő szintje.

A toboz a törpefenyő (*Pinus montana*) valamely alakja közeli rokonának toboza (6. és 7. ábra). Feltűnően kicsi: 22 mm hosszú és 18 mm széles. Csúcsa kissé szét-

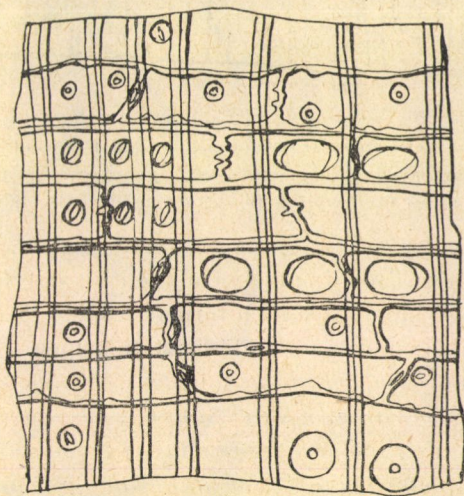


7. ábra.

*Pinus palaeomontana* nov. typ.  
tobozának részlete. 3:1.

horzsolt, de alsó fele kitűnően megmaradt úgy, hogy a tobozpikkelyek és főleg a pajzs alakja teljesen jól kivehető.

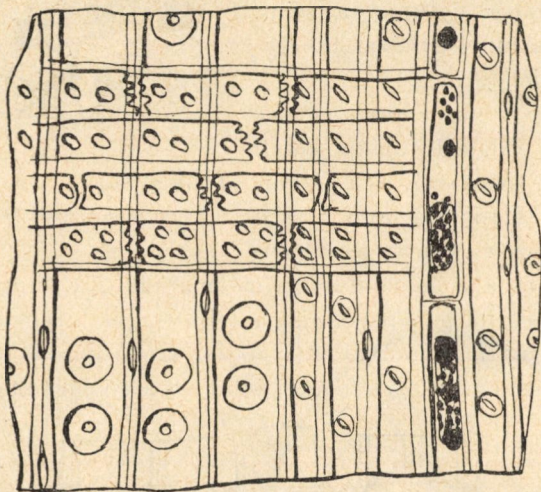
A *Pinus montana*val való teljes azonosításnak az az akadálya, hogy a pajzs vékonyabb szélű és aránylag nagyobb köl-



8. ábra. *Pinus palaeomontana* nov. typ. törzsfájának sugárirányú hossz-metszete. Némileg rekonstruálva. Az évgűrűhatártól jobbra három, széles, tavaszi tracheida. A bélsugár parenchyma sejtjein nagy gödörkék; a szélső bélsugársejtek tracheidák, apró udvaros gödörkével. 420:1.



dökü, mint a törpefenyőé. Igen sok, különböző helyről származó törpefenyő-tobozzal összehasonlítottam, de valamennyitől eltér. A Szárkóról való példányokhoz hasonlít némileg, de ezekkel sem azonos. A *Pinus silvestris* tobozpikkelyeihez mutat hasonlóságot, de a nagyságbeli eltérés igen feltűnő; a közelebbi vonatkozás lehetősége ki van zárva. Tobozunk, kétségtelenül *P. mon-*



9. ábra. *Juniperus communis*. Sugárirányú hosszmetasztet. Az évgyűrűhatártól balra három, széles, tavaszi tracheida; jobbra a keskeny, nyári tracheidák között hossz-parenchyma, benne apró gyantacseppcsekkék. A bélsugárcsupa parenchymasejtekből áll, apró gödörkéekkel. 390 : 1.

*tana* típusú, apró toboz, amely teljesen ki van fejlődve. Valószínű, hogy egy kihalt rokona a törpefenyőnek, vagy ha megvan valahol ma, akkor még nem különböztették meg. *Pinus palaeomontana*nak nevezem. *Strobilus ovoideus*, 22 mm longus, 18 mm crassus; *squamarum apophysi transverse rhomboidei*, 5—6 mm lati, 4—5 mm alti, *umbones* 1.2 mm lati, 1.2 mm alti, *emergentes*; *margines apophysi tenues*. Sine dubio ad proxime affinem an varietatem *Pini montanae* pertinet. Inventa prope Kecskemét Hungariae. Icon 6. 7. In stratis superioribus pleistocaenicis planities hungaricae.

A kecskeméti kútból kiásott fatörzsrészletek közül az egyik a leírt tobozban talál igazolásra: nevezetesen szerkezete a törpefenyő szerkezetével teljesen egyező (8. ábra és III. tábla 7., 8. ábra). A fiatal törzs évgűrűi mintegy 0.6 mm vastagok, radiális metszetükön látható, hogy a bélsugarak alacsonyak, többnyire 3—6 sejtnyi magasak. Összetett gyantavezetékek eléggé gyakoriak.

A második kecskeméti törzs fája a *Juniperus communis* fájával egyező (9. ábra és III. tábla 9., 10. ábra). A fiatal törzs évgűrűi igen keskenyek: átlag 0.1 mm-t tesz ki vastagságuk. Innen egy idősebb törzsrészlet is került ki, szintén toboztermő, amely nélküli az összetett gyantavezetékeket s helyettük, tracheidái között, egyszerű gyantasejtek vannak. Ez azonban eltorzult, gyűrött szövetű, pontosabb meghatározásra nem alkalmas. Valószínű, hogy szintén *Juniperus communis*. Évgűrűi azonban az előbbinél vastagabbak, átlag mintegy 0.6 mm szélesek.

A kecskeméti lelet is hidegövi klímára mutat, úgy mint a kiskunfélegyházai. A pleisztocén végén itt is tundraerdők, bozótok voltak.

## TÁBLÁK MAGYARÁZATA.

### I. tábla.

1. kép. *Pinus cembra* fájának keresztmetszete. Alulól a 3., 5. és 6. évgűrűben összetett gyantavezeték látható. — A kiskunfélegyházai agyagbányából.
2. kép. Ugyanannak sugárirányú hosszmet szete.
3. kép. *Larix decidua* fájának keresztmetszete. Az évgűrűkben összetett gyantavezetékek. A kiskunfélegyházai agyagbányából.
4. kép. Ugyanannak sugárirányú hosszmet szete.

### II. tábla.

5. kép. *Sorbus* sp. keresztmetszete. Az aránylag nem sűrűn álló edények egyenletesen szétszórva, az évgűrűhatár mellett likacsgyűrű nincsen. — A tiszai ásatásokból.
6. kép. *Ulmus* sp. fájának keresztmetszete. Jobbról, az évgűrűhatár mellett széles edényekből álló réteg (likacsgyűrűs). A nyári fában a kisebb edények periferikus sorokban; az egyes edény-csoportok bélsugarakkal elválasztva. — A tiszai ásatásokból.

## III. tábla.

7. kép. *Pinus palaeomontana* nov. typ. fájának keresztmetszete; a gyűrődés felett és alatt összetett gyantavezetékek. — A kecskeméti kútból.
  8. kép. Ugyanannak sugárirányú hosszmeteszete.
  9. kép. *Juniperus communis* fájának keresztmetszete. A tracheidák között itt-ott sötétszínű, gyantatartalmú hosszparenchymasejtek. — A kecskeméti kútból.
  10. kép. Ugyanannak sugárirányú hosszmeteszete.
- 

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929. január hó 14-ikén tartott üléséből.)



## BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER URVEGETATION DES UNGARISCHEN TIEFLANDES.

Von JOHANN von TUZSON. korrespondierendes Mitglied.

Die beschriebenen Pflanzenreste, und zwar Baumstämme, Samen, Zapfen und Nadelblätter stammen aus den jungpleistocänen Schichten des ungarischen Tieflandes, namentlich aus der Umgebung von Kiskunfélegyháza, Tiszaug und Kecskemét.

Die Baumstöcke von Kiskunfélegyháza stehen samt ihrer Bewurzelung, — wie aus Abbildung 1 und 2 zu entnehmen ist, — auf ihren ursprünglichen Standorte. Um die Stöcke herum erstreckt sich der lehmige einstmalige Waldboden, den eine ziemlich dicke, sehr gut erhaltene Moosdecke überzieht. Zwischen dem Moos befinden sich Nadelblätter, Samen und Überreste von Schneckengehäusen. Insgesamt wurden 23 Stämme, bezüglicherweise Äste und Wurzel anatomisch untersucht und ich fand, dass dieselben zum Teil Stämme von *Pinus cembra* (Textfig. 3 und Taf. I. Fig. 1, 2), zum Teil aber von *Larix decidua* (Textfig. 5 und Taf. I. Fig. 3, 4) sind.

Bezüglich *Pinus cembra* sei hervorgehoben, dass die anatomische Zusammensetzung des Holzes derselben, bekanntlich mehreren *Pinus*-Arten gleich ist. Von den hier in Betracht zu ziehenden *Pinus*-Arten, und zwar von *P. silvestris*, *P. nigra* und *P. montana* entfallen die beiden ersteren deshalb, weil die Jahresringe unserer fossilen Stämme bloss 0·1—0·5 mm, somit durchschnittlich 0·25 mm breit sind, welcher Umstand zweifellos darauf hinweist, dass es sich hier um eine Baumart handelt, die einer hochalpinen oder Tundren-Vegetation angehört. Wenn wir nun in Betracht ziehen, dass um die Stämme herum, in der Moosdecke des einstmaligen Waldbodens zweifellos be-

stimmbare Samen von *Pinus cembra* gefunden wurden, so sind diese Stämme ebenfalls als *Pinus cembra* zu betrachten.

Die Stammreste und Wurzeln, welche ich als *Larix decidua* bestimmte (Textfig. 5 und Taf. I., Fig. 3, 4), kommen mit den Zirbelkieferstämmen gemischt vor. Ich fand solche sowohl zwischen den sich am originalen Standorte befindlichen, wie auch unter den zerstreut liegenden Stammresten. Der anatomische Bau dieser Stämme stimmt mit dem Bau des Lärchenholzes vollkommen überein. Hier muss allerdings bemerkt werden, dass die Zusammensetzung des Holzes von *Larix decidua* derjenigen von *Picea excelsa* sehr ähnlich, und kaum zu unterscheiden ist. Höchstens würde hier für *Larix decidua* jener Umstand sprechen, dass ich zwischen den Längstracheiden des Holzes, hie und da auch Längsparenchym beobachten konnte. Die Jahresringe, unserer Lärchenstammreste sind etwas breiter, als die der Zirbelkieferstammreste; namentlich beträgt die Breite derselben 0·2–0·5 mm, somit durchschnittlich 0·35 mm. Dieser Umstand spricht ebenfalls für ein alpines-, bzw. subarctisches Gewächs, was mit meiner Bestimmung vollkommen im Einklange steht. Dass aber diese Bestimmung verlässlich ist, dafür liegt auch ein anderer Beweis vor, nämlich dass sich in der Moosdecke der Umgebung der Stammreste sehr reichlich zweifellos bestimmbare Nadelblätter von *Larix decidua* befanden.

Die Moosreste dieses dilluvialen Waldbodens gehören laut den Bestimmungen des Herrn Dr. J. SZEPESFALVI drei Arten an. Diese sind: *Hypnum Hollógyanum* SCHILB. (fossil), *Drepanocladus Sendlneri* (SCHPR.) W. und *Scorpidium scorpioides* (L.) LIMPR. In dieser Moosdecke kommen häufig Bruchstücke von Schneckengehäusen vor. Dieselben wurden von Herrn Dr. L. Soós als *Bithynia Leachi* SHEPP. und *Valvata pulchella* MÜLL. bestimmt.

Etwas tiefer in diesem lehnigen Waldboden wurden auch Knochen gefunden. Dieselben gehören nach Dr. E. SCHERF der Arten *Alces alces*, *Cervus elaphus*, *Equus Abeli* und *Sus scrofa* an.

Die Stammreste von Tiszaug wurden in einer Tiefe von 14 m gefunden, u. zw. in der Nähe von Mammothknochen, und in demselben blauen Leimboden, als der von Kiskunfélegyháza.

Von hier verfüge ich über vier Stammstücke. Eines derselben war infolge Zersetzung zur Bestimmung ungeeignet. Der zweite Stamm erwies sich als *Sorbus*, der anatomische Bau desselben stimmt mit jener von *S. aucuparia* überein (Taf. II, Fig. 5). Der dritte ist zweifellos ein *Ulmus*-Stamm (Taf. II, Fig. 6); der vierte aber weicht in seinem anatomischen Bau von den *Pinus cembra*-Stämmen von Kiskunfélegyháza nur insofern ab, als seine Jahresringe etwas breiter, cca 1 mm breit sind. Die Jahresringe des *Sorbus*-Stammes sind 4 mm, die des *Ulmus*-Stammes 2–3 mm breit.

In der Umgebung von Kecskenét wurden in annähernd derselben Tonschicht, in einer Tiefe von 26 m Stammreste und ein Zapfen gefunden. Letzterer gehört zweifellos zu einem der Formen von *Pinus montana* an (Textfig. 6, 7) und besitzt eine Länge von 22 mm und eine Breite von 18 mm. Der vollkommenen Identifizierung mit den bekannten, recenten Formen dieser Art widersprechen jene Umstände, dass der Schild der Fruchtschuppen dünner berandet und die Narbe derselben etwas breiter ist, als jene der recenten Formen der *Pinus montana*. Abgesehen von dem bedeutenden Grössenunterschiede, weisen die Fruchtschuppen eine gewisse Ähnlichkeit mit den Fruchtschuppen von *P. silvestris* auf. Es ist somit wahrscheinlich, dass es sich um eine bereits ausgestorbene oder bisher nicht beachtete Varietät von *P. montana* handelt.

(Lateinische Diagnose siehe im ungarischen Text S. 444. u. folgende).

Die Richtigkeit dieser Bestimmung des Zapfens wird durch ein dortselbst gefundenes Holzstück bekräftigt. Der anatomische Bau dieses Stammstückes stimmt nämlich mit dem von *Pinus montana* vollkommen überein (Textfig. 8 und Taf. III, Fig. 7, 8). Die Jahresringe desselben sind cca 0.6 mm breit. Die Markstrahlen sind auffallend niedrig, bloss 3–6 Zellen hoch.

Ein zweiter Stamm von demselben Fundorte bei Kecskenét weist eine mit *Juniperus communis* vollkommen übereinstimmende anatomische Struktur auf (Textfig. 9 und Taf. III, Fig. 9, 10). Die Jahresringe des jungen Stammes sind sehr schmal, deren Breite durchschnittlich bloss 0.1 mm. beträgt. Ein älterer Stammrest — von derselben Fundstelle — ist ebenfalls Koniferenholz, ohne zusammengesetzten Harzgängen, jedoch zwi-

schen den Tracheiden mit einfachen Harzzellen. Seine Jahresringe sind durchschnittlich 0.6 mm breit. Dieser Stamm dürfte ebenfalls *Juniperus communis* sein.

Somit weisen die Pflanzenreste von Kecskemét auf ein kälteres Klima hin. Hier breitete sich am Ende des Dilluviums ebenfalls ein buschiger Tundra-Wald aus.

Die oben beschriebenen Pflanzenreste zeugen somit dafür, dass der Untergrund der ungarischen Tiefebene ein lehmiger Tundrenwaldboden ist, welcher in wechselnder Dicke mit jungdilluvialem und alluvialem Sand und Löss überdeckt wurde.

### Aufschriften der Textfiguren.

Figur 1. Unterer Teil des Stammes von *Pinus cembra* mit Bewurzelung, in seiner ursprünglichen (primären) Lage in der Lehmgrube bei Kiskunfélegyháza, in einer Tiefe von 2.5 m. (Phot. Gy. SZALAY.)

Figur 2. Unterer Teil des Stammes von *Larix decidua* mit Bewurzelung, in seiner ursprünglichen (primären) Lage in der Lehmgrube bei Kiskunfélegyháza, in einer Tiefe von 4 m. (Phot. J. SZEPESFALVY.)

Figur 3. *Pinus cembra*. Radialer Längsschnitt des Holzes, einigermaassen rekonstruiert. An den Markstrahlzellen grosse Poren; die Randzellen des Markstrahles sind Quertracheiden mit kleinen Hoftüpfel. 360 : 1.

Figur 4. *Larix decidua*. Stammabschnitt mit einem Aststumpf, dessen Basis wulstförmig überwachsen ist.

Figur 5. *Larix decidua*. Radialer Längsschnitt, einigermaassen rekonstruiert. Links von der Jahrringsgrenze eine breite Frühjahrstracheide, rechts schmale Sommertracheiden, zwischen denen eine Reihe Längsparenchym mit dunkelgefärbten Harztröpfchen. Das Markstrahlenparenchym mit kleinen, einfachen Tüpfel, die Randzellen der Markstrahlen aber sind Quertracheiden mit kleinen Hoftüpfel. 320 : 1.

Figur 6. *Pinus palaeomontana* nov. typ. Zapfen. 1 : 1.

Figur 7. Zapfenschuppen der vorigen, dreifach vergrößert.

Figur 8. *Pinus palaeomontana* nov. typ. Radialer Längsschnitt des Holzes, einigermaassen rekonstruiert. Rechts von der Jahrringsgrenze drei breite Frühjahrstracheiden. In den Wandungen des Markstrahlenparenchyms sind grosse Tüpfel; die Randzellen der Markstrahlen sind Quertracheiden mit kleinen Hoftüpfel. 420 : 1.

Figur 9. *Juniperus communis*. Radialer Längsschnitt. Links von der Jahrringsgrenze befinden sich drei breite Frühjahrstracheiden, rechts aber schmale Sommertracheiden mit einer Reihe von Längsparenchymzellen mit kleinen dunkelgefärbten Harztröpfchen. Der Markstrahl besteht ausschliesslich aus Parenchymzellen mit kleinen Tüpfel. 390 : 1.

## ERKLÄRUNG DER TAFELN.

## Tafel I.

- Figur 1. *Pinus cembra*. Querschnitt des Holzes. Im 3., 5. und 6. Jahrringe von unten, sind zusammengesetzte Harzgänge zu sehen. — Aus den Lehmgruben von Kiskunfélegyháza.
- Figur 2. Radialer Längsschnitt desselben Holzes.
- Figur 3. *Larix decidua*. Querschnitt des Holzes. In den Jahresringen sind zusammengesetzte Harzgänge sichtbar. — Aus den Lehmgruben von Kiskunfélegyháza.
- Figur 4. Radialer Längsschnitt desselben Holzes.

## Tafel II.

- Figur 5. *Sorbus* sp. Querschnitt des Holzes. Die verhältnismässig nicht zahlreichen Gefässe sind im ganzen Jahrringe gleichmässig verteilt; im Frühjahrsholz ist kein Porenring vorhanden. — Von den Ausgrabungen von Tiszaug.
- Figur 6. *Ulmus* sp. Querschnitt des Holzes. Neben der Jahrringsgrenze sind sehr breite Gefässe (Ringporig). Im Sommerholz sind die Gruppen kleinerer Gefässe von einander durch Markstrahlen getrennt und in peripherischen Zonen geordnet. — Von den Ausgrabungen bei Tiszaug.

## Tafel III.

- Figur 7. *Pinus palaeomontana* nov. typ. Querschnitt des Holzes; ober- und unterhalb der zusammengerunzelten Schicht sind zusammengesetzte Harzgänge sichtbar. — Aus der Umgebung von Kecskemét.
- Figur 8. Radialer Längsschnitt desselben Holzes.
- Figur 9. *Juniperus communis*. Querschnitt des Holzes. Zwischen den Tracheiden sind hie und da dunkelgefärbte, harzführende Längs-parenchymzellen sichtbar. Aus einem Brunnen aus der Umgebung von Kecskemét.
- Figur 10. Radialer Längsschnitt desselben Holzes.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 14. Januar 1929.)

# AZ ÉLŐLÉNYEK FEJLŐDÉSE SZABÁLYOSSÁGÁNAK A MAGYARÁZATA.

KÖVESSI FERENC-től (Sopron).

(IV. közlemény.)

## A biomotoros erő periodusos rezgőmozgást mutató változása a sejtek osztódásánál.

«Az élőlények fejlődése szabályosságának a magyarázata» című tanulmányom III. közleményében<sup>1</sup> óhajtottam az élőlények növekedésénél és a többi fejlődési sajátásánál szereplő csillapított rezgőmozgás  $w$ ,  $r$ ,  $a$ ,  $b$  koefficiensek biofizikai értelmezését megadni. Ezek szerint  $w$ ,  $r$  exponenciális koefficiensek közül  $w$  az életfolyamatoknál szereplő biomotoros erőnek, míg  $r$  az életfolyamatoknál szereplő csillapodásnak az arányossági tényezőjét jelenti, az  $a$  és  $b$  koefficienseket pedig biológiai és analitikai-mechanikai megfontolások alapján sikerült a  $w$ ,  $r$  tényezőknek és egy újnak, a  $v_0$  kezdősebességnek a fogalmával kifejezni, mely szerint  $a = -b = v_0 : \sqrt{r^2 - w^2}$ . Ez utóbbi egyenlőség alapján aztán sikerült a négy koefficienszt háromra:  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  redukálni, melyek most már nem ismeretlen értékű betűk, hanem biofizikai értelemmel felruházott tényezők.

Harmadik tanulmányomban az analitikai fejtegetések folyamán láttuk azt is, hogy a  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  *alaptényezőkkel* kifejezett képességeket az élőlény a szülőktől kapja és felette nagy fontossága van annak, hogy az utód minél előnyösebb értékű  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  tulajdonságokat nyerjen, mert még a legkedvezőbb biológiai viszonyok között is a  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  tulajdonságok szabják meg az élőlény fejlődésének az *intenzitását*, a szervezet «életrevalóságát».

<sup>1</sup> Matematikai és Természettudományi Értesítő LXV. kötet. 1928. 678—689. lap. Budapest.

vagyis *munkaképességét*. Tanulmányaim folyamán azt is kifejtettem, hogy ezek a  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  értékek a szülő, illetőleg a szülők teljes élete alatt nem állandók, hanem azoknak külső és belső biológiai viszonyai szerint változnak. Ilymódon világosan látható, hogy az utódok, melyeket a szülők különféle korban létrehoznak, nem lesznek egymással egyenlő tulajdonságúak, hanem mivel a különféle korban keletkezettek különféle nagyságú  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  értéket nyernek, ennek megfelelően mindenik utódnak más lesz a munkaképessége, illetőleg fejlődésük intenzitása is.

Jelen tanulmányomnak az lesz a feladata, hogy reámutatok arra, hogy valamely növénynek ugyanazon sejtből különféle időpontokon vegetatív szaporodás útján leszármazott utódai nem mutatnak egyforma fejlődést, mert nem születtek egyforma nagyságú biomotoros erővel.

A kitűzött feladat tanulmányozása céljából, ha áttekintjük a magasabbrendű növények fejlődését, legelső megállapításunk az kell hogy legyen, hogy minden ivaros úton létrejött élőlény egyetlen sejtéből, a megtermékenyített petesejtéből fejlődik. Ennek az egy sejtnek és szaporulatának sokszoros osztódása által keletkezett utódai alkotják az élőlény testét. Ezen jól ismert tény felemlítése kapcsán arra a szintén jól ismert, de mégis rejtélyes jelenségre akarok reámutatni, hogy *ezen egyetlen sejtéből leszármazott többi sejtek az élőlény továbbfejlődése és szaporítása szempontjából nem bírnak egyforma tulajdonsággal*.

Ha tisztán a vegetatív sejteket vizsgáljuk, látjuk, hogy valamelyik magasabbrendű növénynél, például egy lombos fánál a keletkezett sejtek között vannak valódi edények, áledények, szita-csővek, kísérősejtek stb., melyek viszonylag nagyméretűre megnőnek, közben teljesen elvesztik regenerálódó és szaporodó képességüket, úgynevezett állandó szövetté alakulnak és rendszeren rövid idő alatt elhalnak. Ezzel szemben keletkeznek olyan sejtek, melyek kisebbek maradnak, hosszabb életűek lesznek és hosszabb ideig megtartják regenerálódó és osztódó képességüket. Ez utóbbiak az úgynevezett *merisztém* sejtek, melynek a *cam-bium*, valamint a tenyész-kúpok *iniciálsejtjei*, mely utóbbiak a legnagyobb fejlődési képességgel bírnak és ezt hosszabb ideig is megtartják. Valóban ismeretes, hogy például lombos fáinknál

az oldalrügyek az elsörendű tengellyel rendszeren egyenlő fejlődés-képességű növényrész adnak, vagy vegetatív úton, oltás, bujtás, dugványozás stb. útján az eredetihez hasonló növekedésű növényké fejlődnek.

Teljesen világos, hogy ezen kétféle fejlődésképeséget mutató sejttípusnak az életfolyamatok szempontjából *nem egyforma a munkaképessége*, vagy ha úgy akarjuk kifejezni: *nem egyforma nagy biomotoros erejüknek a potenciálja bizonyára azért, mert a munkát végző biomotoros erővel arányos s elon-gációk nagyságát és a jelenségek a t időben való lefolyását definiáló  $w$ ,  $v$ ,  $v_0$  koefficiensek sem egyenlő nagyságok a különféle tulajdonságot mutató sejteknél.*

Miként jöhetnek létre ugyanazon *egyetlen* megtermékenyített petesejtől ezen lényegesen eltérő tulajdonsággal bíró sejttípusok, amilyenek a meristemsejtek, a valódi edények, áledények, szitacsövek, kísérősejtek és közöttük lévő átmeneti alakok, milyenek például a fa- és hancsparenchim-sejtek, a parenchimrostok, a fa- és hancsrostok stb., arranézve az irodalmi adatok szerény tudomásom szerint semmiféle felvilágosítást nem nyújtanak.

En ezen homályban látni vélem, hogy ezek a kérdéses jelenségek a legszorosabban összefüggnek egyrészt az előző I., II., III. közleményeimben az *aperiodusosan csillapított rezgőmozgás* segélyével leírt, másrészt a következőkben a *periodusosan csillapított rezgőmozgás* segélyével leírandó törvényszerűsége-  
kel. Tapasztalataim szerint ugyanis a sejtek fejlődésképeségé-  
nek vagyis munkaképességének, az előzőekben érintett változása,  
a sejtekben működő biomotoros erőnek, a rezgőmozgás törvényeit  
követő változásával egységesen magyarázható; viszont ezen  
változásokat létrehozó biomotoros erő rezgőmozgásszerű vál-  
takozása, a sejtek egymást periodusosan követő *osztódásának*  
és *regenerálódásának* a természetes következménye.

Hogy az idetartozó gondolatmenetet szilárd alapon felépít-  
hessem, szükségét látom annak, hogy kifejtsem, illetőleg röviden  
rámutassak:

- I. a) a sejtek osztódásánál tapasztalható periodusos folya-  
matra és ezzel kapcsolatosan a biomotoros erő válto-  
zásában beálló periodusos jelenségre;



- b) a sejtek növekedésénél tapasztalható aperiodusos folyamatra és ezzel összefüggésben a biomotoros erő változásában beálló aperiodusos jelenségre;
  - c) a két utóbbi között felmerülő átmeneti esetekre;
- II. a periodusos és aperiodusos rezgőmozgás keletkezése fizikai feltételeinek és biológiai vonatkozásának megvilágítására.

Majd egy következő közleményben igyekezni fogok az itt leírt fejtegetéseket kísérletekkel bizonyítani.

★

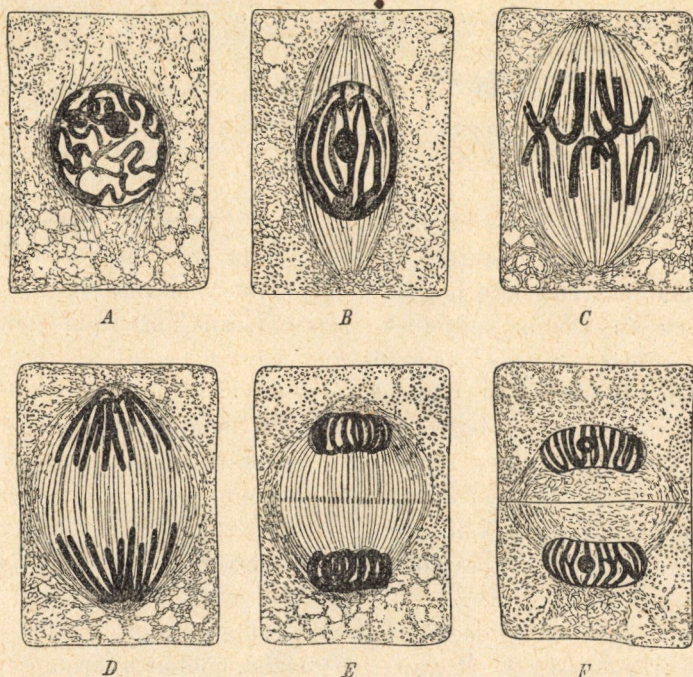
I. a) A sejtek osztódási folyamatát FLEMMING, STRASBURGER és nagyszámú más kutató vizsgálta. Hála az ő fáradozásainak, ezt ma már elegendő pontosan ismerjük. A magasabbrendű növények és állatok sejtjeinek szaporodásánál szereplő indirekt sejtosztódás (mitosis, karyokinézis) bármely általános növénytanban olvasható, ezért ennek részletesebb leírása teljesen felesleges volna; mégis, hogy az előadandó gondolatokat jól ismert tapasztalati tényekhez fűzhessen, azután a nem botanikus olvasónak a megértést valamivel megkönnyítsem, a legfontosabb momentumokra rá kell mutatnom.

Az indirekt sejtosztódás főbb szakaszait az idecsatolt 1. ábra mutatja.

Az *indirekt sejtosztódásnál* megkülönböztetjük az előkészítő fázist (Prophasis A. B. rajz); a főfázist, midőn a kromoszómák széjjelhasadnak (Metaphasis C. rajz); és a befejező fázist (Anaphasis-Teleophasis, D. E. F. rajz), melyek után még hozzá kell hogy csatoljunk egy negyediket, melyet ezen nem sok tartalmat jelentő szóval «Interphasisnak» mondtunk, amelyet eddig nem vettünk elegendően figyelembe, mely pedig *energetikai szempontból igen fontos: az úgynevezett regenerációs fázist*. E legutóbbi nélkül a fejlődés teljes periodusa el sem képzelhető. A regenerációs folyamatot megtaláljuk nemcsak az indirekt, de a direkt sejtosztódásnál is, a sejtek sarjadzásánál és bármelyik más módon való sejtosztódásnál egyaránt.

Szerény véleményem szerint a sejtek szaporodásában tulajdonképpen *két fázist* kell megkülönböztetni: az első az

osztódási időszak, a második a regenerációs időszak, melyeknek állandóan és periodusosan kell egymást követni, mert ha az osztódás által beállott anyag- és energiaveszteségeket a regeneráció segítségével nem pótolja, a sejt bizonyos határon túl tovább



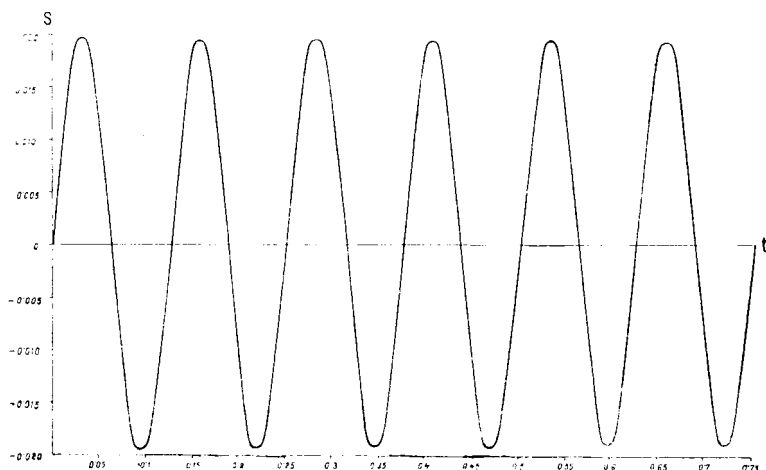
1. ábra. A sejtmag és a sejtosztódás főbb fázisai az *Allium Cepa* gyökere tenyészkúpjának sejtjeiből, HABERLANDT szerint kissé sematizálva. Az osztódást kezdő sejtben az első jelenség, hogy a sejtmagfonal megrövidül, megvastagodik és széthull darabokra (A. rajz), majd a sejtmagot finom plazmafonalak veszik körül, melyből a két pólus között kifeszített magorsó alakul ki (B. rajz), azután a patkóalakú darabkák, az úgynevezett *kromosomák* a sejt felező síkjába, az Aequatoriális síkban helyezkednek el, és itt következik be a sejtmag osztódásának a legfontosabb mozzanata, mikor a kromosomák hosszirányban kettéhasadnak (C. rajz); az így keletkezett kromosoma-részek a magorsó csúcsa felé mozogva, a két pólusba jutnak (D. rajz); azután a chromosoma szeletek végeikkel egybeilleszkednek, majd összefonódnak és önálló sejtmaggá válnak (E. rajz); végül a két sejtmag közötti Aequatorialis síkban kialakul a sejtfal, mely a két sejtmagot és az azokat körülvevő plazmát két önálló sejtjé osztja (F. rajz).

osztódni képtelen lesz, megszűnik meristem jellege és állandósult sejté alakulva, folytatja tovább életműködését; ez utóbbi alatt az aperiodusosan csillapított lengőmozgás pályáját követve munkaképessége előbb-utóbb kimerül és a folyamat a sejt halálával végződik.

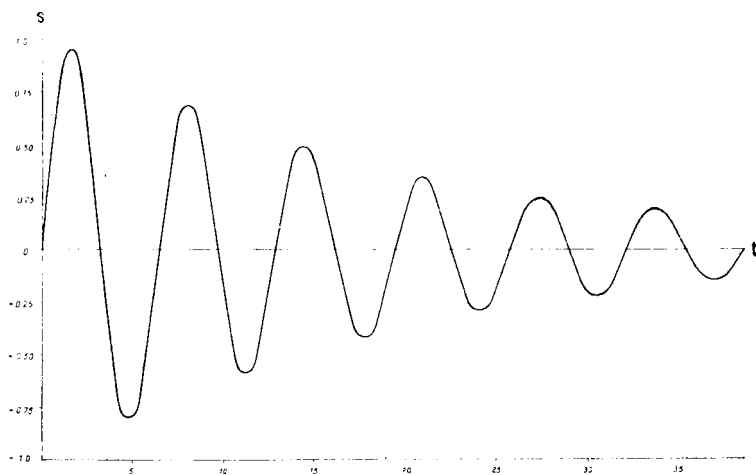
A sejtek fejlődésénél mutatkozó periodusos és aperiodusos jelenséget a következő tapasztalatok és megfontolások alapján lehet megértenünk:

Az osztódás után keletkezett két leánysejt (I. ábra, F. rajz) anyagának és energiakészletének a mennyisége, ha időközben táplálkozás útján lényegesebb pótlást nem kapott, az anyasejtének (I. ábra, A. rajz) körülbelül a felére redukálódott. Ha ez az anyag- és energiakészlet elegendő nagy egy újabb osztódásra, akkor az újabb sejtosztódás minden pihenés nélkül még egyszer, sőt többször is megismétlődhetik; ha azonban a sejt készletei az első osztódás folyamán kimerültek, akkor a leánysejtek valamennyi ideig pihenőt tartanak, mely alatt táplálkoznak és növekednek, hogy ezáltal *anyag- és energiakészletüket pótolják*, mert csak azután képesek az újabb osztódási periodust elvégezni. Ez az a folyamat, melyet *regenerációs időszaknak* nevezhetünk.

Még világosabban kialakul a periodusosság képe abban az esetben, mikor a  $m^2$  koefficiens igen magas,  $r^2$  pedig igen alacsony értékű, miáltal a sejtnek magasfokú munkaképessége van, mikor is sokszor követik az osztódások egymást. Képzeljük például, hogy egy sejt 2, 3, 4, ...  $n$ -szer osztódik egymásután. Kezdetben az osztódás rövid időközökben megismétlődik, de amikor a sejtnek a táplálkozás általi anyag- és energiapótlása csekélyebb lesz, mint a folytonos kettéosztódás által előálló anyag- és energiafogyása, akkor bekövetkezik az az állapot, hogy az eleinte gyorsan ismétlődő sejtosztódás fokozatosan meglassul, majd bizonyos ponton az energia fogyása és pótlódása között rövid egyensúly áll be, azután az előző viszony megfordul, egy-egy újabb osztódáshoz igénybevett, mind hosszabbra nyúló, táplálkozási idő alatt beálló regenerálódás nagyobb lesz, mint a sejtosztódás által bekövetkezett veszteség és ily módon a sejt anyagának és energiájának a készlete olyan mértékűre emelkedhetik,



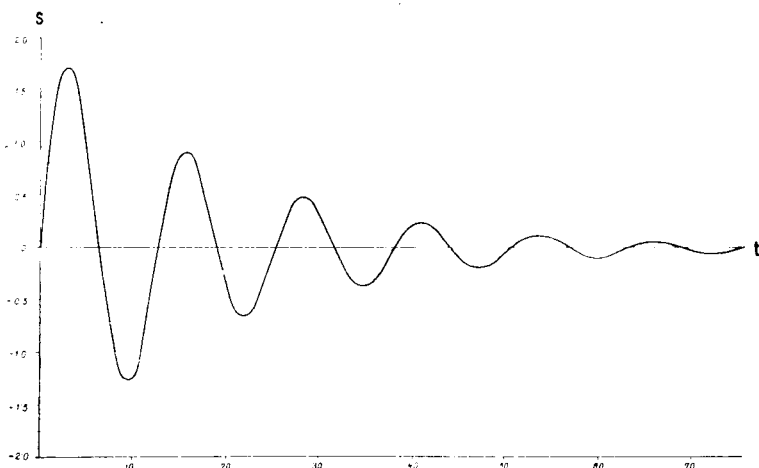
2. ábra. Periodusosan, *de igen gyengén* csillapított rezgőmozgás görbéje, ahol  $r^2 < w^2$  és a koefficiens értékei:  $r = 0.05$ ,  $w = 1000$ ,  $r = 50$ ,  $v_0 = 1$ ,  $M = \sqrt{w^2 - r^2} = 50$ ,  $A = v_0 : M = 0.02$ . A függvény kifejezése III. közlemény (14) egyenletéből,  $r^2 < w^2$  viszony figyelembe vétele alapján levezetve:  $s = A \cdot e^{-rt} \cdot \sin Mt$ , mint a (16. b) egyenletnél látjuk.



3. ábra. Periodusosan csillapított egyszerű rezgőmozgás görbéje, melynek lefolyása folyton és erősebben fogyó amplitudó mellett megyen végbe; ahol  $r^2 < w^2$  és a koefficiens értékei:  $r = 0.05$ ,  $w = 20$ ,  $r = 1.00$ ,  $v_0 = 1$ ,  $M = \sqrt{w^2 - r^2} = 0.99875$ ,  $A = v_0 : M = 1.00125$ . A függvény alakja és levezetése olyan, mint a 2. ábránál látjuk, csak az  $w$  koefficiens változott.

hogy egy meghatározott időben a sejt osztódása újra erőteljesen megindulhat és az előző játék megismétlődhetik.

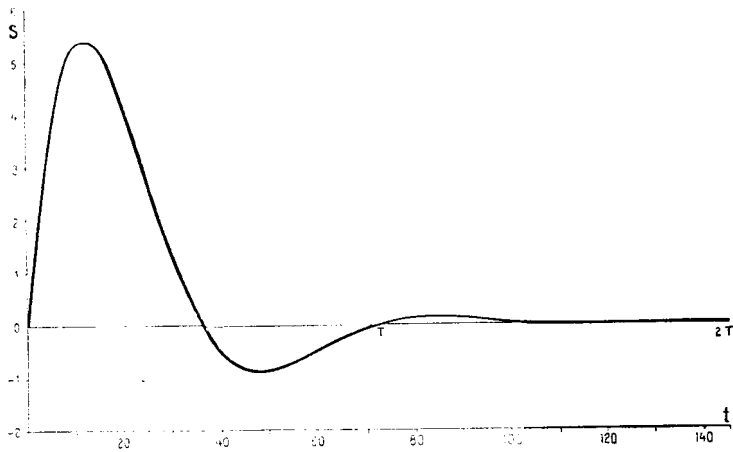
Világosan látható, hogy az osztódó sejtek biomotoros erejének ez az ingadozása, ha igen kicsi a csillapodás  $r$  arányossági tényezője, nagyjában egy periodusos, egyszerű rezgő mozgáshoz közelálló, *periodusosan csillapított rezgőmozgás görbéjéhez lesz hasonlónak* (2. ábra), vagy ha tökéletlenebb a regenerálódás és e miatt nagyobb csillapodás lép fel, akkor egy nagyobb esésű periodusosan



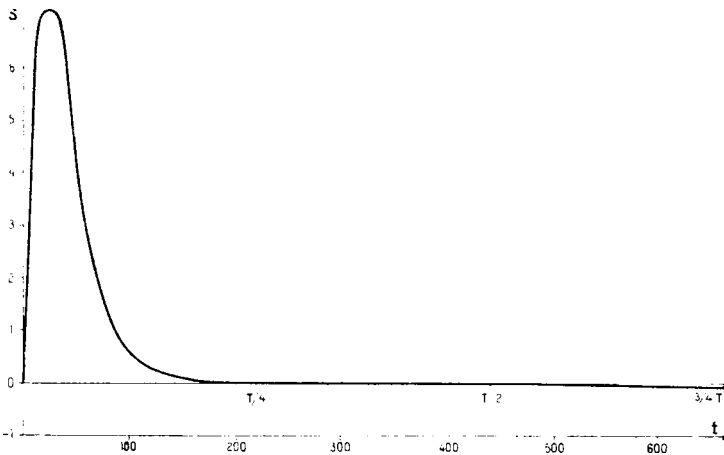
4. ábra. Periodusosan csillapított egyszerű rezgő mozgás görbéje, ahol  $r^2 < w^2$  és a koefficiens értékei:  $r=0.05$ ,  $w=10$ ,  $r=0.5$ ,  $v_0=1$ ,  $M=\sqrt{w^2-r^2}=0.4975$ ,  $A=v_0:M=2.01008$ . A függvény alakja és levezetése olyan, mint a 2. ábránál látjuk, csak az  $w$  koefficiens változott.

csillapított rezgőmozgás (3., 4., 5. és 6. ábra) görbéjéhez válik hasonlónak. A folyton osztódó (meristem) sejteket e szerint az jellemzi, hogy kicsiny a csillapodási tényező  $r^2$  koefficiense és nagy a mozgást létesítő erő  $w^2$  koefficiense, vagyis röviden kifejezve:  $r^2 < w^2$ .

A fogalmaknak és a rezgőmozgás itt bemutatott ábráinak, az analitikai-mechanikai ismeretekben kevésbé jártas olvasó előtt, a világosabb megértés céljából meg kell jegyeznem, hogy a rezgőmozgásnál az erő az irányát és nagyságát folyton oly módon változtatja, hogy az erőirány mindig egyensúlyi helyzete



5. ábra. Periodusosan csillapított egyszerű rezgőmozgás görbéje, ahol  $r^2 < w^2$  és a koefficiensek értékei:  $r=0.05$ ,  $w=2$ ,  $r=0.1$ ,  $v_0=1$ ,  $M=\sqrt{w^2-r^2}=0.0866$ ,  $A=v_0:M=11.547$ . A függvény alakja és levezetése olyan, mint a 2. ábránál láttuk, csak az  $w$  koefficiens változott.



6. ábra. Periodusosan csillapított egyszerű rezgőmozgás görbéje, ahol  $r^2 < w^2$  és a koefficiensek értékei:  $r=0.05$ ,  $w=1.02$ ,  $r=0.051$ ,  $v_0=1$ ,  $M=\sqrt{w^2-r^2}=0.00714$ ,  $A=v_0:M=940.028$ . A függvény alakja és levezetése olyan, mint a 2. ábránál láttuk, csak az  $w$  koefficiens változott.



(a lengés egyensúlyi tengelye) felé van fordítva, nagysága pedig arányos a mindenkori kilengés nagyságával; ebből következik, hogy a rezgőmozgás egy teljes periodusa alatt az erőnek, két maximuma és két minimuma van. A maximumok ott vannak, ahol a lengési kitérések (elongációk) előjelétől eltekintve, a legnagyobbak, míg a minimumok, vagyis a nulla értékek ott vannak, ahol a lengési kitérések zérus értékűek, vagyis, ahol az  $s$  görbe a rezgőmozgás tengelyét (egyensúlyi helyzetét) metszi.

Ez az általános mechanikai összefüggés a sejtek szóbanforgó életműködése kapcsán úgy alakul, hogy a biomotoros erőnek a lengés tengelyére vonatkoztatott hullámszáma, előjele szerint hozzá adódik, a biomotoros erőnek, a tengely helyzete által képviselt átlagos értékéhez, miáltal a nullapontok eltűnnek, a pozitív előjelű legnagyobb kilengésekből maximumok, a negatív előjelű legnagyobb kilengésekből minimumok lesznek, úgy mint a következő tanulmányomban a kísérleti eredmények fejtegetése kapcsán ezt tényekben be fogom mutatni.

Ha a rezgőmozgások egyenleteit, melyeket I., II., III. tanulmányomban közöltem az  $r^2 < w^2$  viszony figyelembevételével az analitikai mechanika szabályai szerint átvizsgáljuk, az eredmény az itt leírtakkal, valamint a 2-6. ábrákkal tökéletesen egyezni fog és egyúttal meggyőz bennünket ez a vizsgálat arról, hogy ezen fiziológiai jelenségnek biofizikai értelemben másféle lefolyása nem is lehet.

Az összefüggések levezetése különben a következő:

A III. közleményemben az aperiodusos lengőmozgásra vonatkozólag láttuk volt, hogy:

1) az esetben, ha  $r^2 > w^2$ , akkor áll, hogy:

$$s = \frac{v_0}{\sqrt{r^2 - w^2}} \cdot \left\{ \frac{e^{-(r - \sqrt{r^2 - w^2})t} - e^{-(r + \sqrt{r^2 - w^2})t}}{2} \right\}, \quad (14)$$

ahol  $s$  a lengőmozgás elongációja,  $v_0$  a kezdősebesség  $t=0$ -kor,  $w$  a mozgást létesítő erő koefficiense,  $r$  a csillapodási tényező koefficiense,  $t$  a folyóidő,  $e$  a természetes logaritmus alapja 2.71828..., továbbá a gyakrabban használt rövidítések:  $m = \sqrt{r^2 - w^2}$ ,  $a = v_0 : m = v_0 : \sqrt{r^2 - w^2}$  = amplitudó.

A (14) egyenletet a *sinus hyperbolicus* segítségével egyszerűsítethetjük. Mivel tudjuk, hogy

$$\frac{e^{t\sqrt{r^2-w^2}} - e^{-t\sqrt{r^2-w^2}}}{2} = \sinh(t\sqrt{r^2-w^2}),^1$$

ezért a rövidítések behelyettesítése után lesz:

$$s = a \cdot e^{-rt} \cdot \sinh mt. \quad (14b)$$

A *sinus hyperbolicus* függvény értékeire táblázatok vannak, melyek a numerikus számításokat megkönnyítik.<sup>2</sup>

2) Azon esetben, ha  $r^2 < w^2$ , akkor a gyök kifejezése  $\sqrt{r^2-w^2} = i\sqrt{w^2-r^2}$  imagináriussá válik és lesz:  $= i \cdot \sqrt{w^2-r^2}$ , miből kifolyólag a (14) egyenlet a következőképpen alakul:

$$2s = \frac{v_0}{i \cdot \sqrt{w^2-r^2}} \cdot e^{-rt} \{ e^{(i\sqrt{w^2-r^2})t} - e^{-(i\sqrt{w^2-r^2})t} \}, \quad (16)$$

honnan

$$s = \frac{v_0}{\sqrt{w^2-r^2}} \cdot e^{-rt} \left\{ \frac{e^{(i\sqrt{w^2-r^2})t} - e^{-(i\sqrt{w^2-r^2})t}}{2i} \right\}. \quad (16a)$$

A zárójel alatti kifejezésről tudjuk, hogy EULER szerint áll:

$$\frac{e^{i(\sqrt{w^2-r^2})t} - e^{-i(\sqrt{w^2-r^2})t}}{2i} = \sin(\sqrt{w^2-r^2}t);$$

legyen még rövidítés kedvéért

$$M = \sqrt{w^2-r^2}, \quad (17)$$

továbbá

$$A = v_0 : M = v_0 : \sqrt{w^2-r^2} = \text{amplitudó}. \quad (18)$$

Ha ez utóbbi három rövidítést a (16a) egyenletbe behelyettesítjük, kapni fogjuk:

$$s = A \cdot e^{-rt} \cdot \sin Mt; \quad (16b)$$

hol  $A$ ,  $r$ ,  $M$  reális mennyiségek.

<sup>1</sup> A  $h$  itt jelenti a *sinus hyperbolicus* ( $t\sqrt{r^2-w^2}$ ), függvény jelét.

<sup>2</sup> W. LUGOWSKY: Tafeln der Hyperbelfunktionen. Ernst und Korn Berlin, 1890. — FRÖHLICH IZIDOR: *Mathematikai Repertorium*, Physikusok számára. Budapest, 1890. M. Tud. Akadémia kiadványa: 15. §. Hyperbolás függvények; 12 és 13 lap; és számértékei: 136. §. 186, 187.

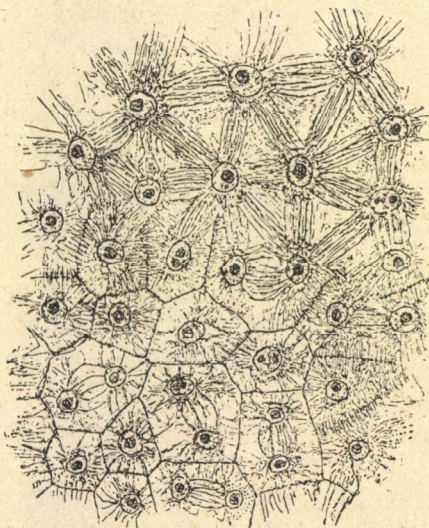


A (16b) a periodusos rezgőmozgás egyenlete, mely az I. a) leírásnak és a 2—6. görbéknek pontosan megfelel.

A magas munkaképességű sejteknek itt leírt nagy gyorsasággal induló osztódása nem képzeletbeli. Bizonyítja ennek valódiságát egyes tipikusan egysejtmagvú növényeknél észlelt «*soksejtképződés*» neve alatt ismert jelenség. A folyamat gyakran olyan gyors lefolyású, hogy a sejtmag osztódását nem képes a sejt osztódása nyomon követni, hanem a magvak egy ideig szabadon vannak a plazmában és csak később a «*pihenési idő folyamán*» alakulnak önálló sejtekké. Mint tipikus példát találjuk a STRASBURGER-féle növénytanban (Aufl. 17, 1928. p. 18.) a rezeda embriózsákjában végbemenő soksejtképződés esetére vonatkozó itt is közölt rajzot (7. ábra), ahol egyetlen sejtmagból folytonos kettéosztódás által ezernyi sejtmag is keletkezhetik (ha  $n=10$ ,  $2^{10}=1024$ ), melyek később sejtfallal különülnek el és mindenikük önálló sejté alakul.

Soksejtképződést tapasztaltak az algáknál és a gombáknak a szaporító szerveiben is.

Bizonyosra vehető, hogy a gyorsan induló, azután fokozatosan lassuló, majd ismét gyorsuló-lassuló, vagyis az időben változó lefolyású *periodusos sejtképződési jelenség* általános minden magas munkaképességű sejtnek, melynek a megtermékenyített petesejtek, az endospermium anyasejtje, valamint a magasabbrendű növények rügy- és gyökértényész-



7. ábra. A rezeda embriózsákjában végbemenő soksejtképződés. — A sejtmagvak gyors osztódással fejlődnek és a sejtfalakat utólagosan a pihenési (regenerációs) időszak alatt építi fel a protoplazma. 240-szeres nagyítás STRASBURGER után.

kúpjának *iniciálsejtjei*, illetőleg az ezekből leszármazott gyorsabb osztódást mutató *meristem szövetek sejtjei* stb.

Úgy a magasabbrendű növények tenyészkúpjánál, valamint az egysejtű növényeknél, főleg az erjesztősejteknél végzett vizsgálataim ezen nézetem általános érvényét támogatják. Ezek közül főleg az erjesztősejteknél nyert tapasztalataim mélyebbrehatolók és ezért egy későbbi tanulmányomban ezekkel részletesebben is akarok foglalkozni.

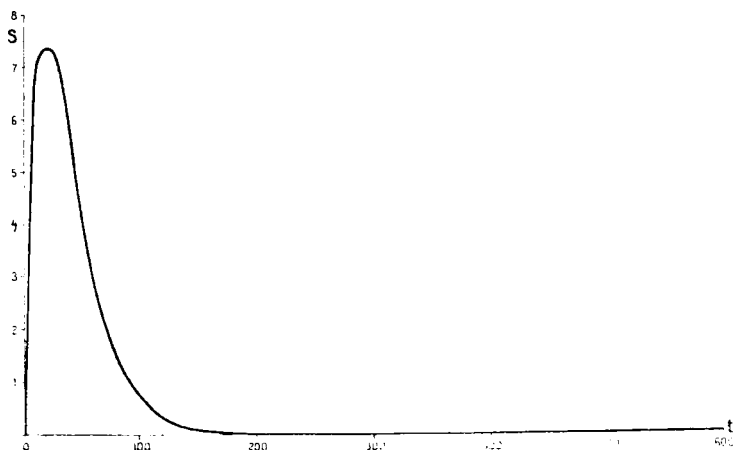
I. b) Ezen folyton osztódó sejtekkel ellentétben vannak nem osztódó, hanem csak növekedő és *egyéni fejlődést végző sejtek* is. A valóságban ilyen az élők legnagyobb része, illetőleg ilyen sorsra jutnak a fiatal korban osztódóképes, de később öregedésnek induló sejtek is. Vizsgáljuk meg, hogyan alakul ki ezeknek a fejlődésmenete az előzőkéből:

A sejtek szaporodásával együttjáró természetes következmény, hogy a csillapodás  $r^2$ , valamint az erő  $w^2$  koefficiensének az értéke és ezzel a sejt munkaképessége a sok kettéosztódás folytán az osztódás alsó határa közelébe jut. Ma ugyan még nem ismerjük azt, hogy miként változik az  $r$ -nek és miként a  $w$ -nek az értéke a sejt folytonos kettéosztódásával kapcsolatban, de minden jel oda mutat, hogy amint egy sejtől 2, 4, 8, 16, ... sejt lesz — ha közben elegendő magasfokú regeneráció nem történik — az  $r^2$  értéke emelkedik, míg az  $w^2$  értéke csökken, vagy legalább is a biomotoros erő  $w^2$  koefficiensének az értéke jobban csökken, mint a csillapodás  $r^2$  tényezőjének az értéke, miáltal az  $r^2 < w^2$  kezdő viszony  $r^2 = w^2$ , majd  $r^2 > w^2$  végleges viszony felé halad úgy, hogy ezen elváltozás a sejtosztódás lehetőségének a csökkenésére vezet.

Képzeljük most, hogy egy sejt  $r^2$  és  $w^2$  koefficiensének az értéke a többször megismétlődött osztódás következtében majdnem egymással egyenlő naggyá lett, de az  $w^2$  mégis annyival nagyobb, mint az  $r^2$  értéke, hogy fennáll az előző a) pontban tárgyalt helyzet, hogy  $r^2 < w^2$  és ez megenged még egy *utolsó kettéosztódást*. Ezen utolsó osztódásból keletkezett utódok  $r^2$  és  $w^2$  koefficiensei természetesen az anyasejthez képest, az előbb vázolt módon megváltoznak,  $w^2$  most kisebb lesz  $r^2$ -nél, miáltal a kö-

zöttük lévő viszony is megváltozik, mert míg az anyánál  $r^2 < w^2$ , addig a leánysejtekénél  $r^2 > w^2$ -ra alakul, ami azután az életjelenségek lefolyása szempontjából gyökeres átalakulást hoz létre.

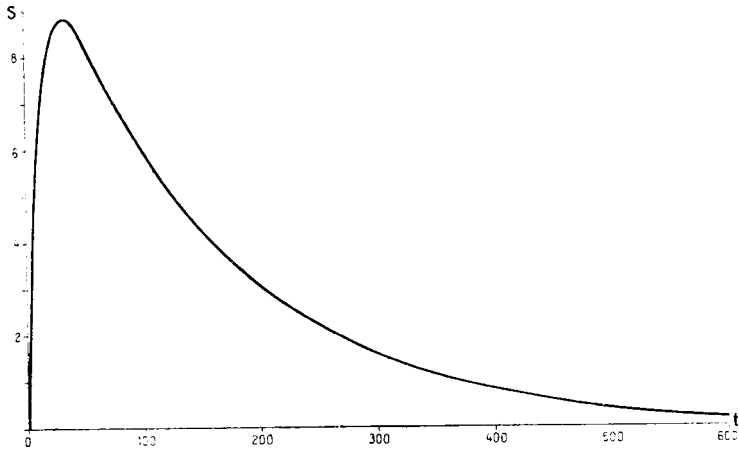
Az *a)* pont alatt leírt esetben feltételeztük, hogy minden leánysejt, melynél a csillapodás  $r^2$ oefficiense kisebb a biomotoros erő  $w^2$ oefficiensénél, vagyis  $r^2 < w^2$ , viszonylag rövid pihenés után, szerencsés esetben még a periódus tartama alatt



8. ábra. Aperiodusosan csillapított lengőmozgás görbéje, hol  $r^2 > w^2$  és aoefficiens értékei:  $r = 0.05$ ,  $w = 0.999995$ ,  $r = 0.049995$ ,  $v_0 = 1$ ,  $m = \sqrt{r^2 - w^2} = 0.000223$ ,  $a = v_0 : m = 4472.2719$ . A függvény kifejezése:  $2s = a \cdot e^{-rt} \cdot (e^{mt} - e^{-mt}) = 2a \cdot e^{-rt} \sin h \, mt$ , mint a (14) és (14. b) egyenletnél láttuk. Az előző görbékhez képest egyedül  $w$  értéke változott,  $r$  és  $v_0$  ugyanolyanok, mint a 2. ábránál.

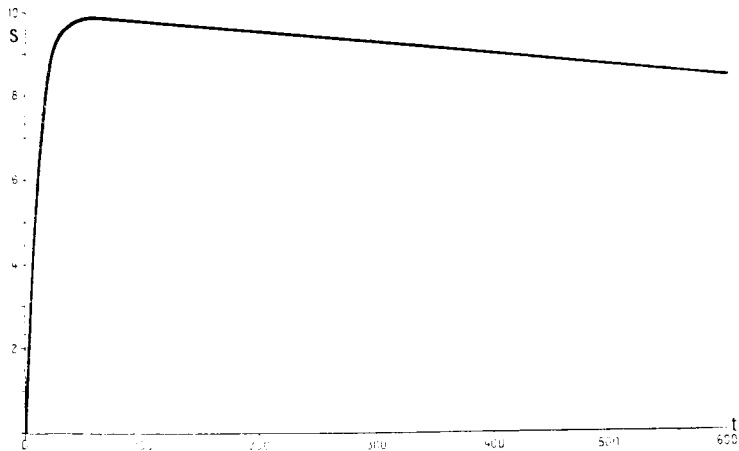
képes annyira regenerálódni, hogy a következő periódusnak az osztódását megkezdheti; a mostani eset azonban, ahol a csillapodás  $r^2$ oefficiense nagyobb az erő  $w^2$ oefficiensénél, az a helyzet áll elő, hogy a sejt rendesen még hosszabb idő alatt is képtelen, legfeljebb kivételes esetekben képes annyira regenerálódni, hogy újabb osztódást kezdhessen.

Ha a csillapodás és az erőoefficiensének az  $r^2 > w^2$  viszonyát analitikai-mechanikai alapon megvizsgáljuk, azt látjuk, hogy ez utóbbi tulajdonsággal keletkezett sejtek fejlődési menete a 8., 9. és 10. ábrákon bemutatott *aperiodusosan csilla-*



9. ábra. Aperiodusosan csillapított lengőmozgás görbéje, ahol  $r^2 > w^2$  és a  
 koefficiensek értékei:  $r = 0.05$ ,  $w = 0.5$ ,  $r = 0.25$ ,  $v_0 = 1$ ,  $m = \sqrt{r^2 - w^2} =$   
 $= 0.043301$ ,  $a = v_0 : m = 23.094048$ . A függvény, mint a (14) és (14. b).

Az előző görbékhez képest egyedül  $w$  értéke változott.



10. ábra. Aperiodusosan csillapított lengőmozgás görbéje, ahol  $r^2 > w^2$  és a  
 koefficiensek értékei:  $r = 0.05$ ,  $w = 0.1$ ,  $r = 0.005$ ,  $v_0 = 1$ ,  $m = \sqrt{r^2 - w^2} =$   
 $= 0.049749$ ,  $a = v_0 : m = 20.100785$ . A függvény, mint a (14) és (14. b).

Az előző görbékhez képest egyedül  $w$  értéke változott.

*pított lengőmozgásnak megfelelő pályát kénytelen befutni, mely az a) pontnál 2., 3. és 4. görbékben bemutatott sejtosztódásból eredő autonóm periodusos jelenséget nem enged meg.* Reakényszerített hullámozások ugyan lehetnek, de ez utóbbiak, milyenek például a fejlődés kis periódusai másodlagos jellegűek.

A valóságban sokféle sejttypusa és nagyon sok sejtje van a magasabbrendű növényeknek, melyek ilyen életfolyást mutatnak. Így növekednek például az állandósult szöveteket alkotó sejtek, nevezetesen edények, áledények, szitacsövek, kísérősejtek stb., melyekről tudjuk, hogy fejlődésük ideje alatt növekednek, tetemes nagyságot érnek, de azután osztódásra képtelenek. Ilyen *ontogenetikus fejlődést* mutat a szervezetek mindazon sejtje, mely már túl van az osztódás szakaszán. Legyen szabad idéznem I. közleményem bevezető soraiból (p. 654) az irodalmi áttekintés összefoglalását, mely szerint: «az eddigi kutatók egyöntetűen bizonyítják, hogy az egyéni, vagy *ontogenetikus fejlődés* lefolyását ábrázoló görbe, minden élőlénynél, annak minden sejtjénél... teljesen hasonló... (S alakú)... képet nyújt»...

Ezen idézet tulajdonképpen az S alakú görbére vonatkozik, melyről azonban tudjuk, hogy ennek lefolyása a legszigorúbb összefüggésben van I., II., III. tanulmányomban s betűvel jelzett aperiodusosan csillapított lengéssel, mely azonos a b) alatt leírt jelenséggel és a 8., 9., 10. ábrákon bemutatott görbék menetével. Ezen az alapon a b) pont alatt előadott összefüggések helyességét tehát a legszélesebb alapon bebizonyítottak tekintetjük.

I. c). Az a) és b) alatt leírt jelenség között határesetet képez az, mikor a sejtosztódás oly módon végződik, hogy a leánysejtnak  $r^2$  és  $w^2$  koefficiensei egyenlő nagyokká alakulnak; tehát  $r^2 = w^2$ . Az ilyen sejtek fejlődésének lefolyása átmeneti típusú. Ezek az a) és b) pont alatt leírt sejtek tulajdonságai között foglalnak helyet. Az analitikai mechanika által a rezgőmozgások törvénye alapján adott felvilágosítás szerint az ilyen eset határozatlan, vagyis átmeneti jellegű a periodusosan és az aperiodusosan csillapított rezgőmozgások között, amit biológiailag úgy

értelmezhetünk, hogy ezen határesetben a sejt nem veszíti el teljesen szaporodó képességét, de az anyasejttől nyert munkaképessége olyan gyenge, hogy azt csak kedvező biológiai viszonyok között és hosszabb fejlődési idő alatt nyerheti vissza. Ezeknek a sejteknek a mechanikai-analyzis információja és sejttani megfontolások szerint úgy kell viselkedniök, mint például fáink állandó szöveteiben lévő fa- és hánccparenchimassejtek, fa- és hánccrostsejtek stb. viselkednek, melyeknek fejlődési pályáját az  $r^2 = w^2$  feltételből kiindulva és a rezgőmozgás törvényeiből levezetve, a 6. és 8. ábrában látott görbék közötti típushoz lehet hasonlítani. Ha az ilyen sejtek hosszabb pihenési idő alatt regenerálódnak és újra visszanyerik szaporodóképességüket, az  $r^2$  és  $w^2$  egymáshoz viszonyított értéke olyanná lehet, hogy  $r^2 < w^2$  és akkor a fejlődésnek a 2—6. ábrák szerinti menetét veszik fel. Ilyenek azok a rendesen parenchimas sejtek, melyekből fáink sebforrasztó szövetei, például a *callos*, azután az *adventiv rügyek*, *adventiv gyökök*, és ezeknek *iniciálsejtjei* eredetüket veszik és melyekből fokozatosan kialakulnak. Ilyen jellegűek az epidermis, primärkéreg, pericyklus vagy a másodlagos hánccs azon rendesen parenchimatikus sejtjei, melyekből a phellogén kialakul, vagyis így jönnek létre az összes másodlagos meristem szövetek.

A cambiumsejtek azonban, melyek a másodlagos fa- és hánccszöveteit hozzák létre, mint ezen elméletből kiviláglik és mint az anatómia is tanítja, primär eredetűek, mert azoknak a sejteknek, melyekből a cambium keletkezik, nincsen szükségük hosszabb pihenési és regenerálódási időre, a nélkül is osztódásra képesek. A cambium tehát az a) pont alatt leírt csoportba tartozik.

★

Ha most a sejtek tulajdonságait úgy botanikai, mint analitikai-mechanikai alapon még egyszer áttekintjük, látni fogjuk, hogy a felsorolt különféle sejtípusok sejttani szempontból éppen úgy nem elhatárolt formák, mint azoknak analitikai-mechanikai jellege sincsen egymástól élesen elhatárolva. Valóban úgy sejtanilag, mint analitikailag a két szélső határ között mindenféle átmenetet találhatunk. Ha megvizsgáljuk fáink testét alkotó sejtípusok következő sorozatát: a megtermékenyített petesejtet, a



rügy és gyökér tenyészskúpjának iniciálsejtjét, a tenyészskúpok meristem sejtjeit, a cambium sejtjeit, az alapszövetek parenchimás sejtjeit, a fa és hancs bélsugarában és nedvvezető elemei között levő parenchimás sejtjeit, a háncesszövetek kísérő sejtjeit és szitacsöveit, a fásszövetek áledényeit és valódi edényeit, közöttük a szaporodási képességnek más-más fokozatát, a legnagyobb szaporodási képességtől a szaporodási lehetőség teljes elvesztéséig mindenféle átmenetet megtalálunk éppen úgy, mint ahogy a rezgőmozgás egyenlete minden fokozatos átmenetet megenged a szerint, mint az  $r^2 < w^2$ ,  $r^2 = w^2$ ,  $r^2 > w^2$  viszonyban az  $r^2$  és  $w^2$  értékek egymáshoz képest és abszolút értékükre nézve milyenképpen alakulnak.

Világosan érthető az adott képből, hogyha egy egysejtű élőlénynek vagy egy rügynak kezdetben nagy biomotoros erővel rendelkező iniciálsejtje — hol  $r^2 < w^2$  — elkezd gyorsan osztódni és létrehoz egy sereg sejtet, az iniciálsejtnek és ezzel kapcsolatosan az egymásután keletkezett utódoknak a biomotoros ereje a 2-6. ábrában látott görbék valamelyik hullámához hasonló menetet mutatva annál inkább csökken, minél távolabb esik keletkezése a hullám maximumához, illetőleg minél közelebb jutott a hullám minimumához vagyis a negatív kilengés legmélyebb helyéhez. A lengés legmélyebb helye közelében keletkezett sejtek egy része most már vagy a határon innen marad és megtartja  $r^2 < w^2$  tulajdonságait, vagy átesik a határon és  $r^2 > w^2$  tulajdonságot vesz fel, vagy megmarad a határon és  $r^2 = w^2$  tulajdonságot nyer. A két utóbbi esetben a sejt osztódóképességét vagy végleg vagy csak átmenetileg elveszti és az állandó szövetek típusához fog tartozni. Míg azok a sejtek, melyek osztódásuk alkalmával az alsó határ előtt megállottak és  $r^2 < w^2$  tulajdonságukat megőrizték, azok regenerálódhatnak és a hullánhegyig újra eljutva, ha regenerálódásuk megfelelő, az anya munkaképességét megközelítik (3. ábra) vagy azt teljesen el is éri (2. ábra). Ez utóbbi módon, vagyis teljes regeneráció útján alakul ki például fáink rügycinek iniciálsejtjeiből a mellékrügy iniciálsejtje, valamint így jönnek létre ugyancsak a vezető iniciálsejtéből a cambiumnak folyton osztódásra képes sejtjei.

Itt meg kell jegyeznünk, hogyha mi az energiának potenciális alakját feltételezzük, akkor az energia megmaradásának

elvénel fogva el kell fogadnunk, hogy az energiának a másik forrása, a kinetikus energia is szerepel és hogy a rezgőmozgásnál a potenciális energia a kinetikus energiával állandóan kicserélődésben van. Mikor a potenciális energia maximális, akkor a kinetikus energia minimum értékű és megfordítva. Ez a kicserélődés a sejtek speciális mechanizmusa mellett minden periódus alatt megismétlődik. Úgy lehetne ezen az alapon képzelni, hogy a gyorsan osztódó kicsiny méretű sejtek nagyobb potenciált és kisebb kinetikus energiát nyertek, míg az osztódásra kevésbé képesek vagy képtelenek. de ontogenetikus fejlődésük menetén nagy méretekre nőnek, kisebb potenciállal és nagyobb kinetikus energiával születtek. Természetesen ennek a feltevésnek a helyességét a későbbi vizsgálatok alkalmával revideálnunk kell.

Az előadottaknak és az előadandóknak könnyebb megértése céljából és főleg azon biológus olvasóim könnyebb tájékozódása érdekében, akik az analitikai-mechanikai összefüggésekkel kevésbé foglalkoztak, vizsgáljuk meg egyszerű fizikai példákból vett hasonlatokon, hogy a 2., 3., 4., 5., 6. és 8., 9., 10. ábrákon bemutatott rezgőmozgási alakok között hogy jön létre az a szoros kapcsolat és egyáltalán hogyan jönnek létre ezek a görbék, melyeket az élő szervezet életlefolyásánál láttunk.

\*

II) Előző I., II., III. közleményeimben többször hangoztattam, hogy a rezgő- vagy lengőmozgások az anorganikus természetben nagyon gyakori jelenségek és a fizika minden ágában előfordulnak. Legegyszerűbb ilyen lengőmozgást mutat például az inga. Egy vékony fonalra felfüggesztett súly, melyet nyugalmi helyzetéből ki-mozdítottunk, mely ide-oda lengésével keresi nyugalmi helyzetét.

Készítsük ezt az ingát oly módon, hogy írni tudjon. A nyugalmi helyzetben levő ingának most impulzust adunk, azaz meglökjük. Az inga erre kitér és lengéseket végez nyugalmi helyzete körül. Ha most az inga alatt egy papírlapot egyenletes sebességgel elhúzzunk az  $v^2$  és  $w^2$  koefficiensek viszonylagos nagysága szerint, az írószerkezet lerajzolja a mozgásnak valamilyen alakját, mely 2., 3., 4., 5., 6. vagy a 8., 9., 10. ábrához lesz hasonló.

Az esetben, ha az ingát mozgásba hozó és mozgásban tartó



erő, melynek arányossági koefficiensét jelöljük  $m^2$  betűvel, *elégg nagy* és ezzel szemben a csillapodás, melynek arányossági koefficiensét jelöljük  $r^2$  betűvel, *igen kicsiny*, tehát a két koefficiens viszonya  $r^2 < m^2$ , akkor az inga sok lengést képes egymásután végezni és csak sokára látszik meg rajta a csillapodás. Ilyen nagyon lassan csillapodó ingát csak légüres térben lehet létesíteni, mert csak ott lesz minimális a környezet által nyújtott ellenállás. Ilyen nagyon lassan csillapodó inga mozgását mutatja a 2. ábra.

A levegőn mozgó inga már gyorsabban csillapodik, nagyobb lesz az  $r$  koefficiens, mert az inga a levegőrészecskébe minduntalan beleütközve, energiájából folyton veszít. Ennek a mozgásnak az alakja a 2. és 3. ábra közötti képet adná.

Ha még nagyobb surlódást okozó közegben, például vízben mozog az inga, hol még nagyobb az  $r^2$  koefficiens, akkor ugyanazon  $m^2$  koefficienssel bíró erő hatása mellett is gyorsan fog csillapodni és kevés számú lengés után nyugalmi helyzetének közelébe jut. Az ilyen lengés menete hasonlít a 4. ábra görbéjéhez. Itt az  $r^2$  és  $m^2$  viszonya még mindig  $r^2 < m^2$ , de az  $r^2$  aránylag nagy lévén, sok energia használódik el az ellenállások és surlódások legyőzésére, ezért gyors a csillapodása.

Képzeljük most, hogy ugyanazon inga még nagyobb surlódást okozó közegben, például szirupsűrűségű cukoroldatban mozog. A nyugalmi helyzetében levő ingának most is ugyanolyan nagy lökést adunk, mint az előző kísérleteknél, tehát az erő  $m^2$  koefficiense most is olyan nagy, mint az előzőekben. A csillapodásnak nagyértékű  $r^2$  koefficiense miatt azonban az inga lengése most nagyon csendes lesz. Az impulzus hatására ingánk eljut első hullámjának csúcsához, ott visszafordul és lassan egyensúlyi helyzete felé halad; de nem lesz annyi ereje, hogy egyensúlyi helyzetének tulsó oldalára átcsapjon, hanem a 8. ábrát utánóztatva, csendes mozgással közeledik nyugalmi helyzete felé. Az  $r^2$  az  $m^2$ -hoz képest most nagyobb, tehát a viszony  $r^2 > m^2$ . Minél nagyobb az  $r^2$ , ugyanolyan  $m^2$ -hez képest, annál lassabb a csillapodás. Ezt a 8., 9., 10. ábra szerinti mozgást, mivel nincsenek periódusai, aperiodusos mozgásnak vagy aperiodusos rezgő- (lengő-) mozgásnak hívjuk.

Tegyük fel még, hogy különféle közegellenállású oldatokkal kísérletezünk és egymásután kipróbáljuk, hogy hol van a határa annak, melyen innen az előző kísérletekével azonos impulzussal indított inga periodusos lengést mutat és melyen túl már csak aperiodusos lengést végez. Ezen határeset a mérések és az analitikai fejtegetések szerint ott van, ahol  $r^2 = w^2$ . Itt kapjuk a 6. és 8. ábrákhoz hasonló e kettő között helyet foglaló görbét. Minden, ezen határnál nagyobb csillapodást szolgáltató közegben az  $r^2$ oefficiens nagyobb lesz az  $w^2$ -nál és a nagy ellenállás miatt a lengés aperiodusos lesz. Érthető tehát, hogy mivel az  $r^2 = w^2$  határeset áll legközelebb a periodusos lengéshez, ha az ilyen tulajdonságokkal felruházott sejt a biológiai viszonyok előnyös alakulása által újabb és erősebb impulzusokat kap, az ilyen sejt képes legkönnyebben periodusos lengésüvé regenerálódni és az állandósult sejtek sorából újra osztódóképessé válni.

Könnyű elképzelni, hogy ha az ingára csak az az egyetlen impulzus hat, melyet elindítása alkalmával a meglökés alakjában kapott, akkor az hamar amortizálódik és sokáig még kis ellenállású közegben sem fog mozogni. Hogy valamely lengő rendszer állandó lengésben maradjon, folytonosan újabb és újabb lökéseket kell kapnia, mely az időközben elhasználódott energiát pótolja.

A sejt előzőekben leírt életnyilvánulásaiban jelentkező ingaszerű lengés eredete nem más, mint az osztódó sejtekben a biomotoros erő irányának és nagyságának periodusos rezgőmozgást követő állandó változása, minek következményeképpen jön létre a potenciál nagyságának állandó ingadozása is. A lengés kialakulásához az első impulzust a sejt a szülőtől, illetőleg a szülőktől nyeri. Az újabb és újabb pótlásokat a táplálkozás folyamán felszabaduló biomotoros erőből végtelen kis időközökben megismétlődő impulzusok alakjában kapja. Az összefüggés, melyet a rezgőmozgás egyenlete képvisel, az élőlény belső felépítéséből, a *biomotoros erő hatásából* és az élő szervezetnek a biomotoros erővel szemben gyakorolt *ellenállásból* (a csillapodásból) következik. Ez a tény a gyorsulást kifejező differenciálegyenleten (III. közlemény 6) látható a legvilágosabban. Ezek a reakciók az időben az egyenletek által mutatott módon folynak le. Ennek a részleteit az

aperiodusos lengőmozgásra vonatkozólag I., II., III. közleményeimben láttuk; a periodusosan csillapított rezgőmozgásra vonatkozókat pedig jelen IV. közleményemben tárgyaltuk.

Az I. a), b), c) pontok alatt adott, a sejtek osztódásával kapcsolatos példa és később a II. alatti fizikai példa látszólag nem fedik egymást, mert az első esetben  $r$  koefficienszt vettük állandónak és  $w$  volt a változó, míg a fizikai példánál megfordítva jártunk el. Ezen felcserélés folytán tévedés nem keletkezik, mert mindkét lehetőség megvan. Külön-külön avagy mindkettő egyszerre is változhat az élő sejtben is.

Egyszerűbb elképzelés kedvéért a  $v_0$  kezdősebességet mindkét esetben konstansnak,  $v_0=1$ -nek vegyük és az  $w$ , illetőleg  $r$  értékek közül egyelőre csak az egyiket változtassuk. Legyen például  $r=0.05$  konstans és  $w$  értéke változzon  $\infty$  és 0 között úgy, mint az I. táblázat 1-12 sora mutatja; akkor az  $s$  értékeire nézve a periodusos és az aperiodusos rezgőmozgás minden alakját megkapjuk úgy, mint ezt a 2., 3., 4., 5., 6., 8., 9., 10. ábrákban láthatjuk.

Megfordítva, ha az  $w$  értékét vesszük állandónak, például  $w=0.05$ -nek és az  $r$  értékét változtatjuk  $\infty$  és 0 határok között, mint a II. táblázatban látjuk, akkor az  $s$  értékeire nézve szintén megkapjuk a rezgőmozgásnak úgy a periodusos, mint az aperiodusos alakjait, természetesen az  $w$  és  $r$  abszolút értékeinek megfelelő eltolódásokkal és fordított sorrendben, amint a 10., 9., 8., 6., 5., 4., 3., 2. ábrák mutatják és amint a II. táblázat 10. rovatában ezekre hivatkozás történik.

A sejt születésekor a szülő, illetőleg ivarosszaporodásnál a hím- és nőivari sejtek tulajdonságainak akkori állapota szerint természetesen az utódban az  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  koefficiensek közül nemcsak egy, hanem *mind a három tényező egyszerre is megváltozhatnak*, miért az  $s$  értékei az itteni példánál sokkal bonyolultabb összefüggések folytán alakulnak ki.

Előző III. számú tanulmányomban már ki fejtettem ezen  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$ -ott *alaptényezőknek* nevezett koefficiensek értékének a nagy fontosságát. A jelen tanulmányomban látott fejtegetésekből még nagyobb mértékben kitűnik, hogy ezeknek *abszolút* és azután egymáshoz viszonyított *relatív* értéke határozza meg,

I. táblázat.

Sor- szám	$r$	$w$	$v_0$	$\frac{w}{r} = \frac{l}{p}$	$M$ és $m$	$a$	$\frac{w}{r} = p$	$\frac{r}{w} = \frac{l}{p}$	Megfelel a 2-től 10-ig jelzett ábrá- nak az ott megadott léptékben
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0·05	$\infty$	1	0·1	$\infty$	0	$\infty$	lim 0	—
2	0·05	50·00	1	0·1	50·00	0·020	1000	0·001	2. ábra
3	0·05	1·00	1	0·1	0·99875	1·00125	20	0·05	3. „
4	0·05	0·50	1	0·1	0·4975	2·0100	10	0·1	4. „
5	0·05	0·10	1	0·1	0·0866	11·547	2	0·5	5. „
6	0·05	0·051	1	0·1	0·00714	940·028	1·02	0·980392	6. „
7	0·05	0·05	1	0·1	0	$\infty$	1	1	6., 8. közötti ábrának megfelelő típus
8	0·05	0·0499995	1	0·1	0·000223	4472·27	0·999999	1·0001	8. ábra
9	0·05	0·025	1	0·1	0·043301	23·0940	0·5	2·0	9. „
10	0·05	0·005	1	0·1	0·049749	20·1008	0·1	10·0	10. „
11	0·05	0·00005	1	0·1	0·049997	20·001	0·001	1000	hasznló a 10. ábrához
12	0·05	lim 0	1	0·1	$\infty$	0	lim 0	$\infty$	—

II. táblázat.

Sor- szám	$r$		$w$	$r_0$	$\frac{w}{r_0}, p$		$M$ és $m$		$a$	$\frac{r}{w}, q$		$\frac{w}{r}, q$		$s$ értékeinek megjele a 10-től a 2-ik számú ábra, vagy ahhoz hasonlít
	2	3			4	5	6	7		8	9	10		
1	$\infty$	0.05	1	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	0	0	0	0	0	0	—
2	50.00	0.05	1	100.0	50.0	0.02	1000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	hasonlít a 10. ábrához eca 1000 s
3	1.00	0.05	1	2.0	0.9987	1.0012	20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	a 9. és 10. ábra közötti típus
4	0.50	0.05	1	1.0	0.4975	2.01	10	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	hasonlít a 9. ábrához eca 10 s
5	0.10	0.05	1	0.2	0.0866	11.547	2.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	a 8. és 9. ábra közötti típus
6	0.051	0.05	1	0.102	0.00714	940.028	1.02	0.980392	0.980392	0.980392	0.980392	0.980392	0.980392	hasonlít a 8. ábrához
7	0.050	0.05	1	0.1	0	$\infty$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	6., 8. közötti ábrának megfelelő típus
8	0.049995	0.05	1	0.09999	0.000223	4472.27	0.99999	1.0001	1.0001	1.0001	1.0001	1.0001	1.0001	hasonlít a 6. ábrához
9	0.025	0.05	1	0.050	0.0433	23.09	0.5	2	2	2	2	2	2	hasonlít az 5. ábrához eca 0.5 s
10	0.005	0.05	1	0.01	0.0497	20.10	0.1	10	10	10	10	10	10	hasonlít a 4. ábrához eca 0.1 s
11	0.0005	0.05	1	0.00002	0.049997	20.001	0.001	1000	1000	1000	1000	1000	1000	hasonlít a 2. ábrához eca 0.0001 s
12	0	0.05	1	0	$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	

hogy a keletkezett sejt meristematikus marad-e és mint ilyen filogenetikusan követve, részt vesz-e a család, a nem, a faj tulajdonságainak a megőrzésében és tovább fejlesztésében; avagy aperiadusos pályára kerülve ontogenetikus kifejlődése után elhal.

Az  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  alaptényezőknek a különféle belső és külső biológiai hatásokra beálló és a sejtek osztódásával kapcsolatos változásait és e változások által az  $s$  elongációban, ezzel kapcsolatosan a biomotoros erő nagyságában, valamint a biomotoros energia potenciáljában, beálló módosulásokat csak mélyreható kutatások segítségével leszünk képesek felderíteni, melyeknek *résztetekbe menő kidolgozására* képtelen vagyok, mert sem arra alkalmas laboratórium, sem pénz, sem személyzet nem áll rendelkezésemre.

★

A biomotoros erőnek a sejt osztódásával kapcsolatos periodusos ingadozása világosan érthetővé teszi azoknak a sokféle alakban megnyilvánuló ritmusos jelenségeknek az eredetét, amelyeket a szövetkiválásoknál, a szerveknek, rügyeknek, leveleknek stb. keletkezésénél és elhelyezése rendjénél tapasztalunk, amelyeknek az okát ezideig nem tudtuk megmagyarázni. Ezen összefüggésekről, vagyis ezen elméletnek a növényi test felépítése megértésénél való alkalmazásáról, egy későbbi közleményemben óhajtok beszámolni.

Eddigi tárgyalásaimnak leglényegesebb eredménye az, hogy *a sejtek két fő típusának: az osztódó- és állandósult sejteknek a tulajdonságait szabályozó  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  tényezőket mindkét esetre nézve megismertük és a jelenségek lefolyását az elméleti fizika elveivel pontosan követhetjük, továbbá az evolúció ezen két fejezete, nevezetesen a filogenezis körébe tartozó sejtosztódás és ontogenezis jellegével bíró egyéni kifejlődés között a kapcsolatot felfedeztük.*

Következő tanulmányomban igyekezni fogok, hogy a rezgőmozgásnak ezen kétféle alakját egysejtű növényeknél (az erjesztő-sejteknél) kísérletileg bemutassam.

---

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1929 június hó 3.-án tartott üléséből.)

# ERLÄUTERUNG DER GESETZMÄSSIGKEITEN IM VERLAUFE DER LEBENSERSCHEINUNGEN LEBENDER WESEN.

Von FRANZ KÖVESSI (Sopron).

(Zusammenfassung der IV. Mitteilung.)

Die Änderung der biomotorischen Kraft, die gelegentlich der Zellteilung eine periodische Schwingung zeigt.

In meiner I., II. und III. Publikation über die «Erläuterung der Gesetzmässigkeiten im Verlaufe der Lebenserscheinungen lebender Wesen»<sup>1</sup> zeigte ich, dass wir den Ablauf in der Entwicklung der Lebewesen mit der Funktion der aperiodisch gedämpften Schwingung verfolgen können. Die durch die Koeffizienten  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  repräsentierten Grössen bekommt das Lebewesen von seinen Eltern mit und da diese Koeffizienten im Verlaufe des Lebens der Eltern nicht konstant sind, sondern sich nach äusseren und inneren biologischen Verhältnissen ändern, werden die Nachkommen, die von den Eltern zu verschiedenen Zeiten erzeugt werden, nicht gleiche Eigenschaften besitzen. Je nach den mitbekommenen Koeffizienten  $w$ ,  $r$ ,  $v_0$  wird ihre Entwicklungsintensität, ihre Arbeitsfähigkeit und andere Eigenschaften sich ändern. Aufgabe der gegenwärtigen Arbeit ist zu zeigen, dass die sich aus ein und derselben Pflanzenzelle

---

<sup>1</sup> Matematikai és Természettudományi Értesítő XLV. kötet 1928. 678—689 lap. Budapest.

Mathematische und Naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn XXXVI. Ungarische Akademie der Wissenschaft. Budapest, 1929. S. 29—98.

zu verschiedenen Zeiten auf vegetativem Wege entstandenen Nachkommen keine identische Entwicklung zeigen, da sie von ihren Eltern nicht die gleiche Arbeitsfähigkeit als Mitgabe bekamen und gerade von dieser Mitgift hängt es ab, ob sie teilungsfähige Meristemzellen bleiben oder ob sie sich zu einem Dauerewebe umformen.

Die biologischen Erfahrungen zeigen, dass sich bei der Entwicklung der Lebewesen zwei wohl abgesonderte Erscheinungen abspielen: 1. die, der Philogenesis zugehörige Zellvermehrung und 2. die, der Ontogenesis zugehörige, individuelle Entwicklung der Zelle. Nach meiner Meinung kann der Ablauf bei den Erscheinungen als Offenbarung der biomotorischen Kraft erklärt werden und diese können wir mit den Schwingungsgesetzen genau verfolgen.

Gleichgiltig welche Zellteilungsart (indirekte oder direkte Zellteilung, Sprossung etc.) wir auch betrachten, müssen wir bei jeder zwei wichtige Zeiten unterscheiden: die eine ist die *Zeit der Teilung*, die andere ist die *Zeit der Regeneration*. Teilung und Regeneration müssen einander periodisch folgen, denn wenn die Zelle ihren durch die Teilung entstandenen Stoff- und Energieverlust mit Hilfe der Regeneration nicht ersetzt, so wird sie unfähig sich über eine gewisse Grenze hinaus weiter zu teilen, sie verliert den Meristemcharakter und kann nur zu einer Dauerzelle umgeformt ihre Lebensfunktion fortsetzen.

In meinen ersten Publikationen bewies ich, dass die bei der ontogenetischen Entwicklung beobachtete sogenannte *S* förmige Kurve durch eine Funktion ausgedrückt wird, deren zeitliche Änderung identisch ist mit dem *s* Verlauf der aperiodisch gedämpften Schwingung. Dieser aperiodische Verlauf der Änderung in der Entwicklung bezieht sich aber nur auf die sich nicht teilenden, sogenannten Dauerzellen. Der Entwicklungsgang der sich teilenden Meristemzellen, also die durch die Teilung und Regeneration hervorgerufene rythmische Schwankung wird durch die *periodisch gedämpfte Schwingung* ausgedrückt, welche dieselbe Gesetzmässigkeit aufweist, wie die aperiodische. Zwischen beiden Erscheinungen ist der Unterschied nur im Verhältnis zwischen den Koeffizienten *w* und *r* gelegen, derart,



dass während bei der aperiodischen Schwingung  $r^2 > w^2$ , ist bei der periodischen  $r^2 < w^2$ . Wenn die Zelle von ihren Eltern grosses  $w$  und kleines  $r$  mitbekommt, so wird sie eine grosse Leistungsfähigkeit haben, sie wird sich oft nacheinander teilen können, wie wir dies bei den Meristemzellen sehen. Wenn nach oftmaliger Teilung die Arbeitsfähigkeit der Zelle erschöpft ist und sie sich nicht mehr regenerieren kann, so wird der Koeffizient  $w$  klein und  $r$  gross und ihr Verhältnis wird zu  $r^2 > w^2$ . In diesem Falle vermag sich die Zelle nicht mehr zu teilen, sie wird zu einer Dauerzelle und beendet ihr Leben auf der aperiodischen Laufbahn, wie die Tracheen, Tracheiden, Siebröhren, Geleitzellen etc.

Bezüglich der sich teilenden Zellen können wir annehmen, dass jede Tochterzelle in entsprechender Proportion von ihrer Mutter so grosse Fähigkeiten erhält, als diese an biomotorischer Kraft im Moment der Teilung besass. Da jedoch die biomotorische Kraft entsprechend den periodischen Schwingungen sich bei der mehrmaligen periodisch sich teilenden Mutterzelle ändert, werden auch die Nachkommen mit verschieden grosser Arbeitsfähigkeit antreten.

Die periodischen Schwankungen der biomotorischen Kraft machen die Herkunft der in vielerlei Form sich offenbarenden rythmischen Erscheinungen verständlich, dann die Gewebsevolution, die Reihenfolge in der Entstehung verschiedener Organe, Knospen, Blätter, ihre Herkunft und Lokalisation, die wir bisher nicht erklären konnten.

Das wichtigste Resultat meiner bisherigen Erörterung ist, dass wir die Koeffizienten  $w$ ,  $r$ ,  $r_0$ , welche die Eigenschaften der zwei Haupttypen der Zellen (die sich teilenden und Dauerzellen) regeln, für beide Fälle als gültig erkannten und dass wir ihre Erscheinungen mit Hilfe der Methoden der theoretischen Physik verfolgen können; ferner dass wir den Zusammenhang zwischen den zwei Kapiteln der Evolution und zwar. der zum Kreis der Philogenese gehörenden Zellteilung und der den Charakter der Ontogenese tragenden individuellen Entwicklung erkannten.

Mit Hilfe der hier niedergelegten Grundsätze sind wir im Stande zu erklären den Aufbau der einzelligen, der fadenförmigen

gen, und der drei dimensional Pflanzen, ihrer meristematischen und Dauerzellen, die Entwicklung ihrer Blätter und Knospen.

In meiner nächsten Publikation gedenke ich diese beiden Formen der Schwingungsbewegung am Beispiel einzelliger Pflanzen (Gärungspilze) experimentell nachzuweisen.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 3. Juni 1929.)

# AZ EGYSZERŰ $p$ -VEKTOROK REDUKTIÓJA.

GRYNAEUS ISTVÁN-tól.

Egy előbbi dolgozatomban <sup>1</sup> megmutattam, hogy az  $E_n$  egyszerű  $p$ -vektorai három típusba tartoznak, amelyeket rendre I, II, III típusnak neveztem. Az I. típusuak maguk is három  $Ia, b, c$  altípusba, a II. típusuak két  $IIa, b$  típusba sorozhatók, míg a III. típusú egyszerű  $p$ -vektorok az  $E_n$  tér  $p$ -ed fokú gradiens-szorzatai.

Az  $Ic$  típusú  $p$ -vektorok az  $E_n$  tér nem gradiens-szorzat  $X_{n-p}$ -képző  $p$ -vektorai s így ezek *kanon-alakra* hozhatók. A  $IIa$  típusú  $p$ -vektorok *kanon-alakjának* előállításí módját ugyancsak megmutattam <sup>2</sup> és minthogy az  $Ia$  típusú  $p$ -vektorok egy alkalmas tranzformációval az  $Ib$  típusra vezethetők vissza, <sup>3</sup> így az egyszerű  $p$ -vektorok egész elméletéből csupán az  $Ib$  és  $IIb$  típusú  $p$ -vektorok diszkussziója hiányzott.

<sup>1</sup> E. GRYNÆUS: Sur les systèmes de Pfaff; Bull. Soc. Math. t. 55. 1928 p. 74—97. E dolgozatomat rövidség kedvéért S. de P. alatt fogom idézni.

<sup>2</sup> S. de P. 85—86; p. 88.

<sup>3</sup> S. de P. 90—92. A 90.-ik oldal (63) formulájába hiba csúszott be: A jobboldal első tagjában

$$(\sigma_{[\mu} + \alpha z_{[\mu}) w_{\lambda_1 \dots \lambda_n]} \text{ helyébe } (\sigma_{[\mu} + \alpha \sigma z_{[\mu}) w_{\lambda_1 \dots \lambda_n]}$$

teendő. Ennek folytán (68) helyes alakja

$$\frac{\sigma_\mu}{\sigma} = -\frac{1}{\alpha} z_\mu + \gamma_2^2 z_\mu + \dots + \gamma_c^c z_\mu$$

lesz és így a további okoskodás nem a  $\sigma$ -ra, hanem a  $\log \sigma$ -ra hajtandó végre.

E dolgozat céljából annak a bebizonyítását tűztem ki, hogy a IIb típusú egyszerű  $p$ -vektorok vagy kanon-formára hozhatók vagy egy Ib típusú  $r$ -vektor ( $r < p$ ) meghosszabbításai (prolongement), úgy hogy ezzel az  $E_n$  tér  $p$ -vektorai elméletének teljes kiépítése már csupán az Ib típusú egyszerű  $p$ -vektorok diszkusszióját kívánja meg.

Ez utóbbiak invariáns jellemző adatai a következők:<sup>1</sup>

$$R' = R = R' = R^1; \quad c' = c = \gamma' = \gamma;$$

$$G_{\lambda_1 \dots \lambda_{c'}} = H_{\lambda_1 \dots \lambda_{c'}} = F_{\lambda_1 \dots \lambda_{c'}} = K_{\lambda_1 \dots \lambda_{c'}}.$$

### 1. Egy egyszerű $p$ -vektor derivált multivektora.

Ez a fogalom a PFAFF-sistémák elméletében szereplő derivált sistema fogalmának az általánosítása.<sup>2</sup>

Legyen  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egy egyszerű  $p$ -vektor és alternált deriváltja  $W_{\mu \lambda_1 \dots \lambda_p}$ . Tegyük fel, hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$ -nek van egy olyan egyszerű faktorokra való szétbontása

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}^{1 \dots p}, \quad (1)$$

hogy a  $w_{\lambda_1} \dots w_{\lambda_p}$  faktorok között  $r$  olyan van  $w_{\lambda_1} \dots w_{\lambda_r}$ , amelyekre nézve

$$w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}]}^{k_x} = 0; \quad (x=1 \dots r) \quad (2)$$

és nem lehet a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  oly szétbontását meghatározni, hogy több mint  $r$  számú faktor tegyen eleget a (2) relációnak.

Az  $r$  tehát a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  azon faktorainak *maximalis száma*, amelyek a (2) relációnak eleget tesznek. *Definicio folytán azt mondjuk, hogy a*

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = w_{\lambda_1 \dots \lambda_r}^{k_1 \dots k_r} \quad (3)$$

egyszerű  $r$ -vektor a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált  $r$ -vektora, vagy  $r$ -ed fokú derivált multivektora. Meg kell jegyeznünk még, hogy a (2) még a

<sup>1</sup> S. de. P. p. 83.

<sup>2</sup> Lásd például E. GOURSAT: Leçons sur le problème de Pfaff. Paris. Hermann 1922 p. 294.

$$w_{[\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{p+1}]}^{k_x} = 0 \quad (4)$$

alakra is hozható, ahol szokás szerint

$$w_{\lambda \lambda_1}^{k_x} = \nabla_{[\lambda} w_{\lambda_1]}^{k_x}. \quad (5)$$

(4) a (2) tekintetbe vétele mellett a  $w_{[\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{p+1}]}^{k_x} \equiv 0$  derivációjából azonnal következik.

A derivált multivektor fogalma segítségével kimondhatjuk a következő tételt:<sup>1</sup>

*Annak a szükséges és elégséges feltétele, hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektor  $X_{n-p}$ -képző legyen az, hogy derivált multivektorának foka  $p$  legyen.*

Tényleg, ha

$$r = p, \quad (6)$$

akkor

$$w_{[\mu} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]}^x = 0; \quad (x=1 \dots p) \quad (7)$$

ami a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $X_{n-p}$ -képző voltának szükséges és elégséges feltétele.<sup>2</sup> Viszont (7) teljesített volta maga után vonja (6)-ot.

Felmerül már most az a kérdés, hogyan határozható meg egy adott  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektor derivált multivektorának fokszáma és maga a derivált multivektor.

Bebizonyítjuk, hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektor derivált multivektorának fokszáma akkor és csak akkor  $r$  ( $r \leq p$ ), ha  $a_k$  ( $k=1 \dots p$ ) ismeretlenekre vonatkozó

$$\sum_{k=1}^p a_k w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]}^k = 0; \quad (\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{p+1} = 1 \dots n) \quad (8)$$

lineár homogén egyenletrendszer  $p-r$  független egyenletre redukálódik, hol  $w_{\lambda}$  ( $k=1 \dots p$ ) a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egy tetszésszerű szétbontásának faktorait jelenti.

<sup>1</sup> E. GOURSAT id. m. p. 295.

<sup>2</sup> A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $X_{n-p}$ -képző voltának szükséges és elégséges feltétele itt használandó formáját lásd J. A. SCHOOTEN: Der Ricci-Kalkül. Berlin. Springer 1924, p. 109.

A feltétel elégséges voltát így láthatjuk be. Tegyük fel, hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált multivektorának fokszáma  $r$ . Akkor  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egy *tetszőszerinti* szétbontásának faktorait jelentvén, legáltalánosabb szétbontása a következő:

$$\begin{aligned} {}^x w_{\lambda} &= {}^x_1 w_{\lambda} + \dots + {}^x_p w_{\lambda}; & (x=1 \dots p-1) \\ \frac{1}{\alpha} {}^p w_{\lambda} &= {}^p_1 w_{\lambda} + \dots + {}^p_p w_{\lambda}; \end{aligned}$$

ahol  $\alpha$  az  $\alpha_k$  ( $x, k=1 \dots p$ ) mennyiségek zérustól különböző determinánsa. Minthogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált multivektorának fokszáma feltétel szerint  $r$ , tehát az  $\alpha_k$  ( $x=1 \dots r, k=1 \dots p$ ) koefficiensek megválaszthatók oly módon, hogy

$${}^x w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} = {}^x_1 w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} + \dots + {}^x_p w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} = 0; \\ (x=1 \dots r)$$

azaz az  $\alpha_k$  ( $x=1 \dots r, k=1 \dots p$ ) független megoldásai az  $\alpha_i$  ( $i=1 \dots p$ )-re felírt

$$\alpha_1 w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} + \dots + \alpha_p w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} = 0; \quad (8) \\ (\lambda \lambda_1 \dots \lambda_{p+1} = 1 \dots n)$$

homogén egyenletrendszernek. A (8) egyenletrendszer különböző egyenleteinek a száma tehát  $p-r$ , és világos, hogy ez a szám független a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  alapul választott  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  szétbontásától.

S viszont, ha a (8) egyenletrendszer  $p-r$  különböző egyenletre redukál, akkor meg lehet határozni a  ${}^1 w_{\lambda} \dots {}^r w_{\lambda}$  vektorokat oly módon, hogy

$${}^x w_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} = 0, \quad (x=1 \dots r)$$

és az így meghatározott  $r$  szám egyúttal a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  ezen tulajdonságú faktorainak maximalis száma is. Ezzel természetesen a derivált multivektor is meg van határozva.

## 2. A IIb típusú $p$ -vektorok.

Emlékeztetbe idézem a IIb típusú egyszerű  $p$ -vektorok invariáns jellemző adatait.<sup>1</sup> Egy ilyen  $p$ -vektor derivált multi-vektora  $(p-1)$ -ed fokú és nem  $X_{n-p+1}$ -képző. A derivált  $(p-1)$ -vektor  ${}^1w_{\lambda_1} \dots {}^{p-1}w_{\lambda_{p-1}}$  faktorait  $w_{\lambda_1} \dots w_{\lambda_p}$  első  $(p-1)$  faktorának választva

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} w_{\lambda_p]}; \quad (9)$$

$$W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}} = w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} v_{\lambda_p} v_{\lambda_{p+1}}];$$

ahol  $v_{\lambda_1}$  és  $v_{\lambda_2}$  két a  $w_{\lambda_1} \dots w_{\lambda_{p-1}}$  és  $w_{\lambda_p}$  vektoroktól független vektor.  $W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}}$  tehát egyszerű és így gradiens-szorzat. Azonfelül

$$G_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}} = W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}}, \quad (10)$$

tehát

$$R' \text{ dimenzionalitása } \dots \dots \dots c' = p+1; \quad (11)$$

$$R = R_1 = R_1 \text{ dimenzionalitása } c = r' = r = p+2. \quad (12)$$

Meghatározható<sup>2</sup> azonfelül az  $s$  skalár oly módon, hogy egyidejűleg eleget tegyen az

$$s_{[\lambda} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} = 0; \quad s_{[\lambda} w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p+1}]} \neq 0; \quad (13)$$

relatióknak. Az így meghatározott  $s$  skalárnak a  $w_{\lambda_1} \dots w_{\lambda_p}$   $p$ -vektorra vonatkozó rangja 2. Az  $s_{[\lambda_0} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p]}$   $(p+1)$ -vektor gradiens-szorzat, tehát

$$s_{[\lambda_0} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p]} = z_{[\lambda_0 \dots \lambda_p]}^0 \quad (14)$$

és így

$$s_{\lambda} = \delta_0 z_{\lambda}^0 + \dots + \delta_p z_{\lambda}^p \quad (15)$$

és a  $z^0, \dots, z^p$  skalárok számozását szükség esetén megváltoztatva feltételezhetjük, hogy  $\delta_0 \neq 0$ . Ekkor

<sup>1</sup> S. de P. p. 85–88.

<sup>2</sup> S. de P. p. 93. Itt a (75) számú formula hibás. Helyes alakja ez:

$$\overline{w}_{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_p} = s_{[\lambda_0} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p]} \neq 0; \quad s_{[\lambda_0} W_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}]} = 0.$$

$$s_{[\lambda_0] w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}} = \frac{1}{\partial_0} s_{[\lambda_0] z_{\lambda_1 \dots \lambda_p}},$$

és innen

$$w_{\lambda} = \beta_0^x s_{\lambda} + \beta_1^x z_{\lambda} + \dots + \beta_p^x z_{\lambda}, \quad (x=1 \dots p);$$

tehát

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = a z_{[\lambda_1 \dots \lambda_p]} + \sum_{x=1}^p a z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}]}^{x-1} s_{\lambda_x}^{x+1} z_{\lambda_{x+1} \dots \lambda_p}^p; \quad (16)$$

ahol az  $a$  és  $a^x$  ( $x=1 \dots p$ ) koefficiensek meghatározása nem okoz nehézséget.

Könnyű belátni, hogy  $a \neq 0$ . Tényleg, ha  $a=0$  volna, akkor  $s_{[\lambda_0] w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}} = 0$  lenne, ellentétben (13)-mal. Azonfelül  $a$  csupán az  $s, z, \dots, z^p$  skalároktól függ.

Ez kitűnik abból, hogy az

$$s_{[\lambda_0] w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}} = a s_{[\lambda_0] z_{\lambda_1 \dots \lambda_p}}^1$$

$(p+1)$ -vektor osztályszáma (classe)  $(p+1)$ . A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektor helyett a

$$\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \frac{1}{a} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} \quad (17)$$

$p$ -vektort fogjuk vizsgálni, amely ugyancsak IIb típusú.

Mint hogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  osztályszáma  $(p+2)$ , világos, hogy az  $a^x$  ( $x=1 \dots p$ ) koefficienseknek legalább egyike lényegesen függ egy  $(p+2)$ -ik skalártól, amelyet  $t$ -vel jelölünk. Tegyük

$$\frac{a^x}{a} = \beta^x; \quad (18)$$

akkor:

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = z_{[\lambda_1 \dots \lambda_p]}^p + \sum_{x=1}^p \beta^x z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}]}^{x-1} s_{\lambda_x}^{x+1} z_{\lambda_{x+1} \dots \lambda_p}^p \quad (19)$$

ami  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  következő szétbontási lehetőségét adja

$$\bar{w}_{\lambda} = z_{\lambda}^x + \beta^x s_{\lambda}. \quad (x=1 \dots p) \quad (20)$$

Az általánosság rovása nélkül feltehetjük, hogy  $\beta^p$  függ a  $t$  skalártól; ellenkező esetben ugyanis a  $\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  (20) által adott faktorait megfelelő módon másképp számozzuk. Legyen azután

$$\beta^p = \tau, \quad (21)$$



és legyen szétbontásunk a következő;

$$\begin{aligned}\bar{w}_\lambda &= z_\lambda + \beta^x s_\lambda, & (x=1 \dots p-1) \\ \bar{w}_\lambda &= z_\lambda + \tau s_\lambda,\end{aligned}\quad (22)$$

ahol  $z, \dots, z, s$  és  $\tau$  független skalárok, a  $\beta^x$  koefficiensek függhetnek a  $\tau$  skalártól. Innen

$$\begin{aligned}\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p} &= z_{[\lambda_1 \dots \lambda_p]} + \sum_{x=1}^{p-1} \beta^x z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}} s_{\lambda_x} z_{\lambda_{x+1} \dots \lambda_p]} + \\ &+ \tau z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} s_{\lambda_p]}\end{aligned}\quad (23)$$

és

$$\begin{aligned}\bar{W}_{\mu \lambda_1 \dots \lambda_p} &= \tau z_{[\mu} z_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} s_{\lambda_p]} + \sum_{x=1}^{p-1} \frac{\partial \beta^x}{\partial z} s_{[\mu} z_{\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}} z_{\lambda_x} z_{\lambda_{x+1} \dots \lambda_p]} + \\ &+ \sum_{x=1}^{p-1} \frac{\partial \beta^x}{\partial \tau} \tau z_{[\mu} z_{\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}} z_{\lambda_x} z_{\lambda_{x+1} \dots \lambda_p]}.\end{aligned}\quad (24)$$

Mint hogy  $\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  IIb típusú  $p$ -vektor, azért derivált multi-vektorának fokszáma  $(p-1)$ . Könnyű ezt a (22) szétbontásból kiindulva meghatározni. Ugyanis (24) folytán

$$\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial w} \bar{W}_{\mu \lambda_1 \dots \lambda_p} &= - \frac{\partial \beta^x}{\partial \tau} s_{[\mu} \tau z_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} s_{\lambda_p]}; \quad (x=1 \dots p-1) \\ \frac{\partial}{\partial w} \bar{W}_{\mu \lambda_1 \dots \lambda_p} &= - s_{[\mu} \tau z_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} s_{\lambda_p]};\end{aligned}$$

és ez utóbbi bizonyosan zérustól különböző, minthogy az  $s, \tau, z, \dots, z$  skalárok függetlenek. Legyen tehát

$$\begin{aligned}'w_\lambda &= \bar{w}_\lambda - \frac{\partial \beta^x}{\partial \tau} w_\lambda = z_\lambda - \frac{\partial \beta^x}{\partial \tau} z_\lambda + \left( \beta^x - \tau \frac{\partial \beta^x}{\partial \tau} \right) s_\lambda; \quad (x=1 \dots p-1) \\ 'w_\lambda &= \bar{w}_\lambda; \quad = z_\lambda + \tau s_\lambda;\end{aligned}\quad (25)$$

ezzel a  $\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egy olyan szétbontását állítottuk elő, amelynek első  $(p-1)$  faktora olyan, hogy rájuk nézve

$$'w_{[\mu} \bar{W}_{\lambda_1 \dots \lambda_p]} = 0; \quad (x=1 \dots p-1)$$

a  $'w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} w_{\lambda_p]}$   $(p-1)$ -vektor tehát a  $\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált  $(p-1)$ -vektora.

Összefoglalva az eddigieket, a  $\bar{w}_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  helyett a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  jelölést bevezetve, azt mondhatjuk, hogy:

a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  IIb típusú egyszerű  $p$ -vektorból alkalmasan választott  $\alpha \neq 0$  skalár segítségével állítsuk elő a

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \frac{1}{\alpha} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$$

ugyanolyan típusú egyszerű  $p$ -vektort. A  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektornak

$$\begin{aligned} {}^x w_{\lambda} &= z_{\lambda} - \frac{\partial \beta}{\partial \tau} {}^p z_{\lambda} + \left( \beta - \tau \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \right) s_{\lambda}; \quad (x=1 \dots p-1) \\ {}^p w_{\lambda} &= z_{\lambda} + \tau s_{\lambda}; \end{aligned} \quad (25)$$

oly szétbontása, hogy a

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} = {}^1 w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}]};$$

egyszerű  $(p-1)$ -vektor a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált  $(p-1)$ -vektora. Azonkívül

$$\begin{aligned} {}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} &= z_{[\lambda_1 \dots \lambda_p]} + \tau z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}] s_{\lambda_p]} + \\ &+ \sum_{x=1}^{p-1} \beta z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{x-1}] s_{\lambda_x} z_{\lambda_{x+1}} \dots \lambda_p]}; \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} {}^1 W_{\mu \lambda_1 \dots \lambda_p} &= - \left( \sum_{x=1}^{p-1} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \right) s_{[\mu} z_{\lambda_1} \dots z_{\lambda_{p-1}]} + \tau z_{[\mu} z_{\lambda_1} \dots z_{\lambda_{p-1}] s_{\lambda_p]} + \\ &+ \sum_{x=1}^{p-1} \frac{\partial \beta}{\partial \tau} \tau z_{[\mu} z_{\lambda_1} \dots z_{\lambda_{x-1}] s_{\lambda_x} z_{\lambda_{x+1}} \dots \lambda_p]}; \end{aligned} \quad (24)$$

ahol a  $\beta$  koefficiensek csupán az  $s, \tau, z$  ( $k=1 \dots p$ ) skalároktól függenek.

A továbbiakban a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektor  $'w_{\lambda}^x$  ( $x=1 \dots p$ ) faktornak alternált deriváltjait fogjuk előállítani és bebizonyítjuk, hogy ezek ily alakúak

$$\begin{aligned} {}^x w_{\mu \lambda} &= U_{[\mu} {}^p w_{\lambda]} + \sum_i^{1 \dots p-1} q_{[\mu}^i {}^i w_{\lambda]} \quad (x=1 \dots p-1); \\ {}^p w_{\mu \lambda} &= \tau s_{[\mu} s_{\lambda]}; \end{aligned} \quad (26)$$

ahol az  $\vec{U}_\mu$  ( $x=1 \dots p-1$ )-vektorok közül legfeljebb kettő független egymástól és a  $\vec{w}_\lambda$  ( $x=1 \dots p$ )-vektoroktól. Az utolsó egyenlőség a (25) utolsó egyenletéből azonnal következik. Ami pedig a  $(p-1)$  első egyenlőséget illeti, ezekre a következőképpen jutunk el.

A (25)-ben szereplő  $\frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau}$  és  $\left(\vec{\beta} - \tau \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau}\right)$  koefficiensek a  $z^i$  ( $i=1 \dots p$ ),  $s$  és  $\tau$  skalárok függvényei. Derivacio által azt nyerjük tehát, hogy

$$\begin{aligned} w_{\mu\lambda}^x = & - \sum_i^{1 \dots p-1} \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau \partial z^i} z_{[\mu}^p z_{\lambda]}^i - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau \partial s} s_{[\mu}^p z_{\lambda]}^i - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau^2} \tau_{[\mu}^p s_{\lambda]}^i + \\ & + \sum_k^{1 \dots p} \frac{\partial}{\partial z^k} \left( \vec{\beta} - \tau \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} \right)^k z_{[\mu}^p s_{\lambda]}^i + \frac{\partial}{\partial \tau} \left( \vec{\beta} - \tau \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} \right) \tau_{[\mu}^p s_{\lambda]}^i ; \end{aligned}$$

$w_{\mu\lambda}^x$  kifejezésének jobboldalán a  $z_\lambda^x$  ( $x=1 \dots p-1$ )-vektorokat (25)-ből adódó

$$z_\lambda^x = w_\lambda^x + \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} z_\lambda^x - \left( \vec{\beta} - \tau \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} \right) s_\lambda^x ;$$

értékekkel helyettesítve, arra az eredményre jutunk, hogy

$$\begin{aligned} w_{\mu\lambda}^x = & \sum_i^{1 \dots p-1} w_{[\mu}^i \left\{ \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial z^i} s_{\lambda]}^i - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau \partial z^i} (z_{\lambda]}^p + \tau s_{\lambda]}^i) \right\} + \\ & + \vec{Q} s_{[\mu}^p z_{\lambda]}^p - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau^2} \tau_{[\mu}^p (z_{\lambda]}^p + \tau s_{\lambda]}^i) ; \end{aligned}$$

a jobboldal második tagjában  $z_\lambda^p$  helyébe a (25)-ből adódó  $w_\lambda^p = \tau s_\lambda$  értéket írva be, végül is azt kapjuk, hogy

$$w_{\mu\lambda}^x = \left( \vec{Q} s_{[\mu} - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau^2} \tau_{[\mu} \right) w_{\lambda]}^p + \sum_i^{1 \dots p-1} q_{[\mu}^i w_{\lambda]}^i \quad (x=1 \dots p-1), \quad (27)$$

ahol

$$\vec{Q} = \sum_i^{1 \dots p-1} \left( \vec{\beta}^i \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial z^i \partial \tau} - \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial z^i} \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} \right) - \frac{\partial^2 \vec{\beta}}{\partial \tau \partial s} - \frac{\partial}{\partial z^k} \left( \vec{\beta} - \tau \frac{\partial \vec{\beta}}{\partial \tau} \right)^k ; \quad (28)$$

és a  $q_{\mu}^{xi}$ -vektorok könnyen meghatározható vektorok, amelyekre a továbbiakban nem lévén szükségünk, explicite nem is írjuk ki őket; ha még végül (27)-ben tesszük,

$$\bar{U}_{\mu} = \bar{Q}s_{\mu} - \frac{\partial^2 \beta^x}{\partial \tau^2} \tau_{\mu}; \quad (x=1 \dots p-1) \quad (29)$$

akkor (26) áll elő, amit bebizonyítani óhajtottunk.

Az  $\bar{U}_{\mu}$  ( $x=1 \dots p-1$ )-vektorok közül, amint az (28) kifejezésünkéből azonnal látható, legfeljebb kettő független. Tekintsük ugyanis az

$$M = \begin{vmatrix} \bar{Q} & \bar{Q}^{p-1} \\ \frac{\partial^2 \beta^1}{\partial \tau^2} & \dots & \frac{\partial^2 \beta^{p-1}}{\partial \tau^2} \end{vmatrix}$$

matrixot. Három eset lehetséges

A)  $M$  rangja 2. az  $\bar{U}_{\mu}$ -vektorok közül kettő független,

B)  $M$  „ 1. az  $\bar{U}_{\mu}$  „ „ „ egy „

C)  $M$  „ 0. Ekkor  $\bar{Q} = \frac{\partial^2 \beta^x}{\partial \tau^2} = 0; (x=1 \dots p-1)$ ,

tehát

$${}^x w_{\mu\lambda} = \sum_i^{1 \dots p-1} q_{[\mu}^i w_{\lambda]}^i; \quad (x=1 \dots p-1)$$

de ekkor a  ${}^1 w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}]} w_{\lambda_p]}^{p-1}$  ( $p-1$ )-vektor  $X_{n-p+1}$ -képző lenne<sup>1</sup> ami lehetetlen, minthogy a ( $p-1$ )-vektor a  ${}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált ( $p-1$ )-vektora, a  ${}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  tehát IIa) és nem IIb) típusú lenne. Ezt az esetet tehát tárgyalásunkból kizárhatjuk.

Az A) eset. A  ${}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  egyszerű ( $p-1$ )-vektor alternált deriváltját  ${}^1 W_{\mu\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$ -el jelölve, legyenek  $\bar{c}'$ ,  $\bar{c}$ ,  $\bar{\gamma}'$  és  $\bar{\gamma}$ , a  ${}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  ( $p-1$ )-vektorra vonatkozó  $\bar{R}'$ ,  $\bar{R}$ ,  $\bar{R}'_1$  és  $\bar{R}_1$  kovariáns régiók dimenziói.

<sup>1</sup> A  ${}^1 w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} X_{n-p}$ -képző voltának szükséges és elégséges feltétele itt használandó formáját lásd J. A. SCHOUTEN: Der Ricci-Kalkül. Berlin. Springer 1924. p. 109.

Amint (33)-ból kitűnik a  $'W_{\mu\lambda_1\ldots[\lambda_{p-2}\lambda_{p-1}]}''_{\lambda_1\ldots\lambda_{p-1}}$  mennyiség  $\bar{R}'$  covariáns régióját az

$$\bar{R}_{\lambda_1\ldots\lambda_{p+2}} = 'w_{[\lambda_1\ldots\lambda_p} \dot{V}_{\lambda_{p+1}} \ddot{V}_{\lambda_{p+2}}]; \quad (30)$$

adja meg,  $\dot{V}_\lambda$  és  $\ddot{V}_\lambda$ -vel jelölve azt a két független vektort, amelynek segítségével az  $\ddot{U}_\lambda$  ( $x=1\ldots p-1$ )-vektorok kifejezhetők. ( $\dot{V}_\lambda$  és  $\ddot{V}_\lambda$ -vektorokul például az  $s_\lambda$  és  $\tau_\lambda$ -vektorok választhatók.) Ennélfogva

$$\bar{r}' = p + 2. \quad (31)$$

Innen már következik, hogy  $'w_{\lambda_1\ldots\lambda_{p-1}}$  csak Ib típusú lehet. Valóban Ic és III típusú nem lehet, minthogy nem  $X_{n-p+1}$ -képző. Ha Ia típusú lenne, akkor kellene, hogy  $\bar{c} = \bar{r}' + 1 = p + 3$  legyen, holott  $'w_{\lambda_1\ldots\lambda_{p-1}}$  legfeljebb  $p + 2$  classisú, úgymint  $'w_{\lambda_1\ldots\lambda_p}$ . Ha II. típusú lenne, akkor  $\bar{r}_1 = (p - 1) + 2k$  alakú lenne. De a

$$\bar{r}' = p + 2 = (p - 1) + 2k$$

egyenlőség lehetetlen. Tehát ha  $\tau$  és  $s$  helyébe még  $z^{p+2}$  és  $z^{p-1}$ -et írunk, akkor

$$'w_{\lambda_1\ldots\lambda_p} = 'w_{[\lambda_1\ldots\lambda_{p-1}} (z_{\lambda_p]}^{p+2} + z^{p-1} z_{\lambda_p}]),$$

ahol  $'w_{\lambda_1\ldots\lambda_{p-1}}$  Ib típusú egyszerű  $(p-1)$ -vektor.

Eredményünket a következő tételbe foglalhatjuk össze:

A  $w_{\lambda_1\ldots\lambda_p}$  Ib típusú egyszerű  $p$ -vektorból az alkalmasan választott a skalár segítségével előállítjuk a  $'w_{\lambda_1\ldots\lambda_p}$   $p$ -vektort

$$'w_{\lambda_1\ldots\lambda_p} = \frac{1}{\alpha} w_{\lambda_1\ldots\lambda_p},$$

amely ugyancsak Ib típusú. Erre nézve meghatározható egy olyan szétbontás

$$\begin{aligned} 'w_\lambda^x &= z_\tau^x - \frac{\partial \beta^x}{\partial z^{p+2}} z_\lambda^p + \left( \beta^x - z^{p-2} \frac{\partial \beta^x}{\partial z^{p-2}} \right) z_\lambda^{p+1}; \quad (x=1\ldots p-1) \\ 'w_\lambda^p &= z_\lambda^p + z^{p+2} z_\lambda^{p+1}; \end{aligned} \quad (25^*)$$

ahol  $\overset{x}{z}$  ( $x=1\dots p+2$ ) független skalárok és a

$$'w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}} = {}^1w_{[\lambda_1\dots} {}^{p-1}w_{\lambda_{p-1}]}$$

egyszerű  $(p-1)$ -vektor a  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_p}$  derivált  $(p-1)$ -vektora. Ha ( $x=1\dots p-1$ ) értékeire

$$\overset{x}{Q} = \sum_i^{1\dots p-1} \left( \beta \frac{\partial^2 \beta}{\partial z^i \partial z^{p+2}} - \frac{\partial \beta}{\partial z^i} \frac{\partial \beta}{\partial z^{p+2}} \right) - \frac{\partial^2 \beta}{\partial z^{p+1} \partial z^{p+2}} - \frac{\partial}{\partial z^p} \left( \beta - \frac{p+2}{z} \frac{\partial \beta}{\partial z} \right);$$

tesszük és az

$$M = \left\| \begin{array}{ccc} \overset{1}{Q} & \dots & \overset{p-1}{Q} \\ \frac{\partial^2 \beta}{\partial z^{\frac{1}{p+2}} \partial z^{\frac{1}{p+2}}} & \dots & \frac{\partial^2 \beta}{\partial z^{\frac{p-1}{p+2}} \partial z^{\frac{p-1}{p+2}}} \end{array} \right\|$$

matrix rangja 2, akkor a  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}} = {}^1w_{[\lambda_1\dots} {}^{p-1}w_{\lambda_{p-1}]}$  egyszerű  $(p-1)$ -vektor Ib típusú és classis-száma  $p+2$ . Ugyanakkor  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_p}$  ily alakú

$$'w_{\lambda_1\dots\lambda_p} = {}^p w_{[\lambda_1\dots\lambda_{p-1}} (z_{\lambda_p}) + z \frac{p-2}{z} {}^{p-1} w_{\lambda_p}]$$

A B) eset. Ebben az esetben az  $\overset{x}{U}_\mu$  ( $x=1\dots p-1$ ) vektorok közül csupán egy független, azaz valamennyien egy alkalmasan választott  $v_\lambda$  vektor segítségével kifejezhetők. Könnyű belátni, hogy ekkor a  $'W_{\mu\lambda_1\dots[\lambda_{p-2}\lambda_{p-1}} {}^p w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}]}$  mennyiség  $\bar{R}_1$  covariáns régióját az

$$\bar{F}_{\lambda_1\dots\lambda_{p+1}} = {}^p w_{[\lambda_1\dots\lambda_p} v_{\lambda_{p+1}}];$$

definiálja és így

$$\bar{\gamma}' = p + 1. \quad (32)$$

A  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}}$   $(p-1)$ -vektor, amely feltétel értelmében nem  $X_{n-p+1}$ -képző, csak Ia, Ib, IIa, IIb típusú lehet. A második lehetőséget mindjárt kizárjuk. Ha ugyanis  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}}$  Ib típusú lenne, akkor  $\bar{c} = \bar{c}' = \bar{\gamma}' : \bar{\gamma} = p+1$  lenne. Ekkor azonban  $'w_{\lambda_1\dots\lambda_{p-1}}$  alternált deriváltja  $'W_{\mu\lambda_1\dots\lambda_{p-1}}$  egy  $(p+1)$  dimenziós covariáns tartományban feküdne, tehát egyszerű lenne,

azaz  $\bar{c}' = p$  lenne, ami lehetetlen. Ha  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  Ia típusú lenne, akkor meg lehetne határozni egy oly  $\sigma_1$  faktort, hogy a<sup>1</sup>

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} = \sigma_1 ''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} \quad (33)$$

tranzformációval definiált  $''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$   $(p-1)$ -vektor  $\bar{c} = \bar{c}' = p+1$  classis-számmal a II. típusba tartozzék.

A B) esetben tehát *mindig* feltételezhetjük, hogy a (33) tranzfórmáció segítségével a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$   $(p-1)$ -vektorból oly  $''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$   $(p-1)$ -vektort állítunk elő, amely II. típusú. A két még nem tárgyalt lehetőség esetén ugyanis  $\sigma_1 = 1$ .

Legyen még

$$'w_{\lambda}^p = ''w_{\lambda}^p,$$

és így

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \sigma_1 ''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} ''w_{\lambda_p]}^p;$$

és akkor mondhatjuk:

A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektorra ugyanazok a feltételek lérén érvényesek, mint előbbi tételünkben, ha az

$$M = \left\| \begin{array}{cc} \overset{1}{Q} & \dots & \overset{p-1}{Q} \\ \frac{\partial^2 \beta}{\partial z \partial z} & & \frac{\partial^{p-1} \beta}{\partial z \partial z} \end{array} \right\|$$

matrix rangja 1, akkor meghatározható olyan  $\sigma_1$  skalár, hogy a

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \sigma_1 ''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} ''w_{\lambda_p]}^p$$

tranzfórmációval, ahol

$$'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} = \sigma_1 ''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}; \quad 'w_{\lambda}^p = ''w_{\lambda}^p;$$

értelmezett  $''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektornak  $''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  a derivált  $(p-1)$ -vektora és  $''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  II. típusú, classis-száma tehát  $p+1$ . Ekkor

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = a \sigma_1 ''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p};$$

<sup>1</sup> S. de P. p. 92.

és két lehetőségünk van:

$$B_1) \quad {}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} \quad \text{IIa típusú.}$$

$$B_2) \quad {}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} \quad \text{IIb típusú.}$$

$B_1)$  Ha az első lehetőség esete forog fenn, akkor <sup>1</sup>

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \gamma \sigma_1^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} z_{\lambda_{p-1}}^{p-1} + z^p z_{\lambda_{p-1}}^{p+1} {}''w_{\lambda_p}],$$

és  ${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  így bontható szét

$${}''w_{\lambda}^1 = z_{\lambda}^1,$$

$$\dots \dots \dots$$

$${}''w_{\lambda}^{p-2} = z_{\lambda}^{p-2},$$

$${}''w_{\lambda}^{p-1} = z_{\lambda}^{p-1} + z^p z_{\lambda}^{p+1};$$

ámde  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  classisa  $(p+2)$ , tehát írhatjuk,

$${}''w_{\lambda}^p = a_p z_{\lambda}^p + a_{p+1} z_{\lambda}^{p+1} + a_{p+2} z_{\lambda}^{p+2};$$

és így

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \gamma \sigma_1^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} z_{\lambda_{p-1}}^{p-1} + z^p z_{\lambda_{p-1}}^{p+1} (a_p z_{\lambda_p}^p + a_{p+1} z_{\lambda_p}^{p+1} + a_{p+2} z_{\lambda_p}^{p+2}).$$

De ha kifejezzük, hogy a

$${}''w_{[\lambda_1 \dots}^{p-1} {}''w_{\lambda_{p-1}}^{p-1}]$$

egyszerű  $(p-1)$ -vektor a  ${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált  $(p-1)$ -vektora, azaz követeljük, hogy

$${}''w_{[\mu \lambda}^x {}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p]} = 0, \quad (x=1 \dots p-1)$$

akkor világos, hogy e feltételek közül az első  $(p-2)$  teljesítve van, míg az utolsó azt adja, hogy

$$z_{[\lambda}^p z_{\mu}^{p+1} {}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p]} = 0,$$

ami így is írható

$$a_{p+2} z_{[\lambda}^p z_{\mu}^{p+1} z_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} z_{\lambda_p]} = 0;$$

<sup>1</sup> S. de P. p. 87—88.



és így  $\alpha_{p+2} = 0$ . Tehát

$${}''w_\lambda = \alpha_p {}^p z_\lambda + \alpha_{p+1} {}^{p+1} z_\lambda;$$

az  $\alpha_p$  és  $\alpha_{p+1}$  koefficiensek *egyike* sem lehet zérus. Mert ha  $\alpha_p = 0$  lenne, akkor

$${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \alpha_{p+1} {}^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} {}^{p-1} z_{\lambda_{p-1}} {}^{p+1} z_{\lambda_p]};$$

alakú, tehát  $X_{n-p}$ -képző lenne, ami lehetetlen. Ha meg  $\alpha_{p+1} = 0$ , akkor

$${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \alpha_p {}^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} {}^{p-2} z_{\lambda_{p-2}} {}^{p-1} z_{\lambda_{p-1}} + {}^p z_{\lambda_{p-1}} {}^{p+1} z_{\lambda_p]} {}^p z_{\lambda_p]};$$

alakú lenne; de akkor  ${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  derivált  $(p-1)$ -vektorául a  ${}^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} {}^{p-2} z_{\lambda_{p-2}} {}^p z_{\lambda_{p-1}}]$   $(p-1)$ -vektor volna választható, amely  $X_{n-p+1}$ -képző lenne, tehát  ${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  IIa. típusú volna, ami feltételeinkkel ellentétes. Írjuk a  ${}''w_\lambda$ -vektort ily alakban

$${}''w_\lambda = \alpha_p \left( {}^p z_\lambda + \frac{\alpha_{p+1}}{\alpha_p} {}^{p+1} z_\lambda \right);$$

és tegyük

$$\frac{\alpha_{p+1}}{\alpha_p} = {}^{p+2} z;$$

akkor

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \Gamma {}^1 z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} {}^{p-2} z_{\lambda_{p-2}} {}^{p-1} z_{\lambda_{p-1}} + {}^p z_{\lambda_{p-1}} {}^{p+1} z_{\lambda_p]} ({}^p z_{\lambda_p]} + {}^{p+2} z {}^{p+1} z_{\lambda_p}]. \quad (34)$$

$$\Gamma = \alpha \sigma_1 \alpha_p. \quad (35)$$

Valóságos, hogy a  ${}^i z$  ( $i = 1 \dots p+2$ ) skalárok függetlenek. A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  tehát ebben az esetben *kanon-formára* hozható.

$B_2$ ) A *második lehetőség* változatosabb. Minthogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  feltétel szerint IIb. típusú, ennél fogva meghatározható egy olyan  $\alpha_1$  skalár, hogy ha

$${}''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} = \alpha_1 {}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}} = \alpha_1 {}''''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} {}^{p-1} w_{\lambda_{p-1}}],$$

akkor a  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$   $(p-1)$ -vektornak van egy olyan tulajdonságú és alakú szétbontása, mint (25\*) és derivált  $(p-2)$ -vektora

$w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}}$ . Legyen még egyszerűség kedvéért

$$\alpha \alpha_1 \sigma_1 = \Gamma \quad \text{és} \quad {}''w_\lambda = {}''''w_\lambda;$$

akkor

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \Gamma {}''''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}} {}^{p-1} w_{\lambda_{p-1}} {}^p w_{\lambda_p]}.$$

Itt  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}}^{p-1}$  derivált  $(p-2)$ -vektora a IIb típusú  ${}''''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}]}^{p-1}$   $(p-1)$ -vektornak, amely viszont derivált  $(p-1)$ -vektora a IIb típusú  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektornak.

Megint két lehetőségünk van: a  ${}''''w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}]}^{p-1} w_{\lambda_{p-1}}^{p-1}$   $(p-2)$ -vektorra vonatkozó  $M$  matrixot képezve, eldönthetjük, hogy a  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-2}}$   $(p-2)$ -vektor I b típusú és  $(p+1)$  classisú-e, vagy pedig egy alkalmasan választott skalárral való szorzás után IIa, illetőleg IIb típusú  $(p-2)$ -vektort ad-e.

Hogy az itt felmerülő lehetőségeket egészükben vizsgáljuk, tegyük fel, hogy  $H$  egy meghatározott skalárt jelentvén, a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektornak

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = H w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h} \dots \lambda_p]}^{p-h, p};$$

oly szétbontása, amely a következő tulajdonságú:

az első  $(p-k)$  ( $k=1 \dots p-1$ ) faktorból képezett

$$w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-k}]}^{1, p-k}$$

egyszerű  $(p-k)$ -vektort  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-k}}$ -val jelölvén, legyen  $h$  egy olyan szám, amelyre nézve a

- ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$  IIb típusú és derivált  $(p-h)$ -vektora
- a IIb típusú  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h+1}}$   $(p-h+1)$ -vektornak;
- a  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h+1}}$  derivált  $(p-h+1)$ -vektora a IIb
- típusú  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h+2}}$   $(p-h+2)$ -vektornak
- .....
- a  ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}$  derivált  $(p-1)$ -vektora a IIb-típusú
- ${}''''w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektornak.

Az itt szereplő  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}, \dots w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $(p-h), \dots p$ -vektorok classis-számai rendre  $p-h+2, \dots p+2$ .

Közvetlenül látható, hogy a  $B_2$  eset elején vizsgált eset ennek speciális esete  $h=1$  értékére. Kérdésünk az, a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$ -re nézve milyen következtetések vonhatók e feltételekből?

A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$  feltétel szerint IIb típusú, ennél fogva meghatározható az  $\alpha_{p-h} \neq 0$  skalár oly módon, hogy ha

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}} = \alpha_{p-h} w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}} \quad (36)$$

tesszük, akkor a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$  egyszerű  $(p-h)$ -vektornak van egy olyan (25\*) alakú szétbontása

$${}^x w_{\lambda} = z_{\lambda} - \frac{\partial \beta^x}{\partial z} \frac{p-2}{p-h+2} z_{\lambda} + \left( \beta^x - z \frac{\partial \beta^x}{\partial z} \right) \frac{p-h+1}{p-h+2} z_{\lambda} ; (x=1 \dots p-h-1)$$

$${}^p w_{\lambda} = z_{\lambda} + z \frac{p-h}{p-h+2} \frac{p-h+1}{z_{\lambda}}$$
(37)

ahol a  $\beta^x$  koefficiensek csupán a független  $z$  ( $x=1 \dots p-h+2$ ) skalároktól függenek és a  $'w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}]}$  egyszerű  $(p-h-1)$ -vektor a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$   $(p-h)$ -vektornak derivált  $(p-h-1)$ -vektora. A  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$ -ra vonatkozó  $M$  matrixot képezve, a következő három lehetőség egyikének fennállását dönthetjük el:

- a) a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$ -vektor Ib típusú és classisa  $p-h+2$ .
- b) a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$  " IIa " " "  $p-h+1$ .
- c) a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$  " IIb " " "  $p-h+1$ .

Vizsgálat tárgyává tesszük e három lehetőség mindegyikét.

a) Az Ib típusú multivektorok alakjára nézve semmi határozottat nem állíthatván, a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektor kanon-alakjának előállítását ez esetben meg sem kísérelhetjük. Mégis módunk van bizonyos mértékig alakját közelebbről meghatározni.

A  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h+1}} = \alpha_{p-h} {}^p w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}]} w_{\lambda_{p-h+1}}$   $(p-h+1)$ -vektor ugyanis megint IIb típusú feltételünk szerint és classis-száma  $p-h+3$ . Ha tehát  $z$  egy a  $z$  ( $k=1 \dots p-h+2$ ) skalároktól független új skalárt jelent, akkor

$${}^p w_{\lambda} = \sum_k^{1 \dots p-h+3} \alpha_k z_k$$

alakú kell hogy legyen. Ámde  ${}^p w_{\lambda}$  helyett  $w_{\lambda} + \sum_k^{1 \dots p-h} \delta^k {}^k w_{\lambda}$  választható a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h+1}}$  változtatása nélkül, ahol a  $\delta$  koefficiensek tetszésszerűek. És minthogy a  $'w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$  (37) szétbontása  $z \dots z$ -ra megoldható, ennél fogva a  $\delta$  koefficiensek alkalmas megválasztásával elérhetjük azt, hogy

$$w = \alpha_{p-h+1} z_{\lambda} + \alpha_{p-h+2} z_{\lambda} + \alpha_{p-h+3} z_{\lambda} ; \quad (38)$$

alakú legyen.



ahol az első  $(p-h-1)$  faktorból képezett  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$ -vektor Ib típusú. E. CARTAN-nal akkor azt mondjuk,<sup>1</sup> hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  egyszerű  $p$ -vektor *normális* és egy Ib típusú egyszerű  $(p-h-1)$ -vektor *meghosszabbítása* (prolongement).

b) Ha a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$ -vektor IIa típusú (classisa  $(p-h+1)$ ) akkor kanon-formája<sup>2</sup> folytán

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}} = \varrho z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-2}} (z_{\lambda_{p-h-1}} + z_{\lambda_{p-h}} z_{\lambda_{p-h+1}})];$$

és ha most kifejezzük, hogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$  a  $w_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}} w_{\lambda_{p-h}]}$   $(p-h)$ -vektor derivált  $(p-h-1)$ -vektora és ezt az eljárást tovább folytatjuk, akkor ugyanolyan módon, mint az (a) esetben, arra az eredményre jutunk, hogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  *kanon-formában* állítható elő és pedig<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = & \Gamma z_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-2}} (z_{\lambda_{p-h-1}} + z_{\lambda_{p-h}} z_{\lambda_{p-h+1}}) \times \\ & \times (z_{\lambda_{p-h}} + z_{\lambda_{p-h+1}} z_{\lambda_{p-h+2}}) \times \\ & \times \dots \times (z_{\lambda_{p-1}} + z_{\lambda_p} z_{\lambda_{p+1}}). \end{aligned} \quad (41)$$

c) Végül, ha a harmadik lehetőség teljesül, akkor a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h-1}}$   $(p-h-1)$ -vektorra nézve hajtjuk végre ugyanazt a diszkussziót, mit eddig a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_{p-h}}$   $(p-h)$ -vektorra eszközöltünk. De azok után, amiket mondtunk, világos, hogy a  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektorra nézve vagy *kanon-formára* jutunk, vagy pedig arra az eredményre, hogy  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  *meghosszabbítása* egy  $(p-k)$ -vektornak,  $(k < h)$ , amely Ib típusú és klasszis-száma  $p-k+3$ .

A különböző típusú multivektorok redukeciójára nézve tehát a következőket mondhatjuk:

*Egy Ia típusú egyszerű  $p$ -vektorból, alkalmas*

$$w_{\lambda_1 \dots \lambda_p} = \sigma' w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$$

*transzformációval egy Ib típusú  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$   $p$ -vektor állítható elő. Ha speciel  $c = p + 3$ , akkor  $c$  transzformáció egy IIb típusú*

<sup>1</sup> E. GOURSAT id. m. p. 326.

<sup>2</sup> S. de P. p. 87—88.

<sup>3</sup> E. GOURSAT id. m. p. 328.

$p$ -vektort, ha pedig  $w_{\lambda_1 \dots \lambda_p}$  alakja  $s_{[\lambda_1 \dots \lambda_{p-1}}^1 \overset{p-1}{s}_{\lambda_{p-1}}^p w_{\lambda_p]}^p$  akkor egy IIa típusú  $p$ -vektort kapunk.<sup>1</sup>

Az Ic típusú  $p$ -vektorok kanon-formában állíthatók elő.<sup>2</sup>

A IIa típusú  $p$ -vektorok kanon-formában állíthatók elő.<sup>3</sup>

A IIb típusúak vagy kanon-formára hozhatók, vagy meghosszabbításai egy Ib típusú multivektornak.

A III. típusú  $p$ -vektorok gradiens-szorzatok, tehát kanon-alakra hozhatók.<sup>4</sup>

Ebből az összefoglalásból kitűnik az, hogy csupán az Ib típusú multivektorok azok, amelyek közelebbi ismerete kívánatos a célból, hogy az egyszerű  $p$ -vektorok egész elmélete ismeretes legyen. Ilyen értelemben mondhatjuk, hogy

Az egyszerű  $p$ -vektorok elmélete — és ezzel a Pfaff-sisztémák elmélete is — az Ib típusú egyszerű multivektorok diszkussziójára van visszavezetve. Ez utóbbiak karakterisztikus invariáns jellemző vonása az, hogy rájuk nézve az  $R'$ ,  $R$ ,  $R'_1$  és  $R_1$  covariáns régiók azonosak egymással és így:

$$c' = c = r' = r.$$

---

<sup>1</sup> S. de P. p. 90—92.

<sup>2</sup> S. de P. p. 83.

<sup>3</sup> S. de P. p. 88.

<sup>4</sup> S. de P. p. 88.

## LA RÉDUCTION DES $p$ -VECTEURS SIMPLES.

Par ETIENNE GRYNÆUS.

Dans une note antérieure parue au Bulletin de la Société Mathématique de France (T. 55, p. 74—97, 1928) nous avons donné une classification des  $p$ -vecteurs simples en types Ia, b, c ; IIa, b ; III. Nous y avons démontré que les  $p$ -vecteurs simples de types Ic, IIa et III admettent une forme canonique et en outre ceux du type Ia se ramènent à ceux du type Ib ou IIa, b.

La note présente s'occupe des  $p$ -vecteurs simples du type IIb ; nous nous proposons à démontrer qu'ils admettent ou bien une *forme canonique*, ou bien ils sont le *prolongement d'un  $p$ -vecteur simple du type Ib*.

De sorte que la théorie des  $p$ -vecteurs simples et par cela même celle des systèmes de Pfaff se trouve ramenée à la discussion des  $p$ -vecteurs simples du type Ib.

---

(Lu en séance de la III<sup>ème</sup> Classe de l'Académie Hongroise le 18 février 1929.)

# AZ ELEKTRONCSÖVEK ERŐSÍTÉSÉNEK ÉS EGYENIRÁNYÍTÁSÁNAK ÁLTALÁNOS TÁRGYALÁSA.

VERMES MIKLÓS-tól.

## I. Bevezetés.

Jelen dolgozat tárgya az elektroncsövek erősítésének és egyenirányításának általános tárgyalása. Az elektroncsövek erősítésének és egyenirányításának a törvényeit egész speciális esetben W. SCHOTTKY<sup>9</sup> és H. BARKHAUSEN<sup>10, 11, 12</sup> tisztázták, a gyakorlatban ezeket a képleteket használják ma is, és H. BARKHAUSEN,<sup>1</sup> H. G. MÖLLER<sup>2</sup> alapvető könyveiben, azután a J. ZENNECK-féle<sup>3</sup> és a *Handbuch der Experimentalphysik*<sup>6</sup> című kézikönyvekben szintén ezek a képletek fordulnak elő. Ugyanilyen körülményekre vonatkoznak M. LATOUR,<sup>13, 14</sup> G. VALLAURI,<sup>15, 16, 17</sup> H. W. NICHOLS<sup>18</sup> és H. RUKOP<sup>19</sup> vizsgálatai. Az első behatóbb tárgyalás J. R. CARSON-tól származik,<sup>20, 21</sup> azonban csak negatív rácsfeszültség (zérus rácsáram) esetére vonatkozik. R. A. HEISING<sup>22</sup> az úgynevezett H. J. van der BIJL-féle<sup>23, 24</sup> reláció alapján a karakterisztikát parabolával közelíti meg, ami szintén csak zérus rácsáramnál engedhető meg és csak speciális alakú karakterisztika-görbéknel lehet érvényes. L. S. PALMER<sup>25</sup> közelítésre kört használ. G. BREIT<sup>26</sup> számításai már nagyon általánosak, azonban a váltóáramok szempontjából fontos esetekre vonatkoznak. A váltóáramokra vonatkozó belső ellenállásokat számítja és többek között nyeri a már J. M. MILLER<sup>27</sup> által az állandó rácsáram esetére kapott eredményt. G. BREIT és E. O. HULBURT<sup>28, 29</sup> kísérleti vizsgálatokat is végeztek erre a problémára nézve. Görbék



segítségével tárgyalta az egyenirányítást H. M. FREEMAN.<sup>30</sup> Egészen gyenge rezgések egyenirányítását E. L. CHAFFEE és G. H. BROWNING<sup>31</sup> tanulmányozták. A rácsegyenirányításra vonatkozólag egy elterjedt képlet származik J. GROENEVELD, Balth. v. d. POL jr. és K. POSTHUMUS-tól.<sup>33</sup>

Az elektroncső rácskörében létrejövő  $dE_g$  elektromotoros erő az anódon levő feszültségben bizonyos  $de_a$  nagyságú változást okoz. Ha ezek a feszültségváltozások kicsinyek, akkor  $de_a$  elég nagy pontossággal a  $dE_g$  kvadratikuss függvényeként fogható fel:

$$de_a = c_1 \cdot dE_g + c_2 \cdot (dE_g)^2. \quad (1)$$

$c_1$  koeficiens neve *erősítési szorzó*,  $c_2$  neve *egyenirányítási szorzó*. Az alább következő számítások célja lesz olyan képletek előállítása, melyek  $c_1$  és  $c_2$ -t az elektroncső jellemző adatai és a külső körök konstansai segítségével adják meg. A számításokat mindvégig geometriai megfontolás is fogja kísérni.

## II. Elméleti rész.

### 1. Az elektroncső nyugalmi állapota.

A közönséges háromelektrodos elektroncső izzókatódjának emissziós árama szétoszlik anódáramra ( $i_a$ ) és rácáramra ( $i_g$ ). Ezek mindegyike a rác- és az anódfeszültség ( $e_g$ ,  $e_a$ ) függvénye:

$$i_a = a(e_g, e_a), \quad (2a)$$

$$i_g = g(e_g, e_a). \quad (2b)$$

Az összes feszültség zéruspontja az izzószál negatív vége (BARKHAUSEN).  $e_g$  és  $e_a$  változó mennyiségek a rácson, illetőleg anódon levő feszültséget jelentik. A (2a) és (2b) függvények az elektroncső *anód-, illetőleg rác-karakterisztikafüggvényei*; grafikus ábrázolásuk az  $i_a$ — $e_g$ — $e_a$ , illetőleg az  $i_g$ — $e_g$ — $e_a$  jobbsodrású térbeli koordinátarendszerekben felületet ad: az anódra, illetőleg rácra vonatkozó karakterisztikus felületet. Az  $i_a$ — $e_g$ — $e_a$ , illetőleg  $i_g$ — $e_g$ — $e_a$  értékhármasok által meghatározott pontok az *anód-, illetőleg rác-munkapontok*. Az anód karakterisztikafüggvényének

első parciális differenciálkvócienseit a szokásos módon jelöljük és nevezzük el:

$$\begin{aligned} \frac{\partial i_a}{\partial e_g} &= S && \text{meredekség,} \\ -\frac{\partial e_g}{\partial e_a} &= D && \text{áthatás (Durchgriff),} \\ \frac{\partial e_a}{\partial i_a} &= R_{ia} && \text{belső ellenállás.} \end{aligned} \quad (3a)$$

Célszerű lesz a rácsfüggvény első parciális differenciálkvócienseit analog módon jelölni és elnevezni:

$$\begin{aligned} \frac{\partial i_g}{\partial e_g} &= S_g && \text{rácsáram-meredekség,} \\ -\frac{\partial e_g}{\partial e_a} &= D_g && \text{rács-áthatás,} \\ \frac{\partial e_a}{\partial i_g} &= R_{ig} && \text{belső rácsellenállás.} \end{aligned} \quad (3b)$$

A  $\frac{\partial x}{\partial y} + \frac{\partial x}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial y} = 0$  identitás adja a mindkét elektródra vonatkozó BARKHAUSEN-féle összefüggést:

$$SDR_{ia} = 1, \quad (4a)$$

$$S_g D_g R_{ig} = 1. \quad (4b)$$

Szerepelni fognak azután a függvények második parciális differenciálhányadosai is:

$$\frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2}, \quad \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a}, \quad \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2}, \quad (3a)$$

$$\frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2}, \quad \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a}, \quad \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_a^2}. \quad (3b)$$

Mindezek a kvóciensek függvényei az  $e_g$  és  $e_a$  változóknak.

Az elektroncső működése alkalmával be van kapcsolva úgynevezett anód-, illetőleg rács-ellenállás is (1. ábra). Az anód  $r_a$  ohmos ellenállással (külső anódelLENállással) van az  $E_a$  állandó feszültségre, a rács pedig  $r_g$  ellenállással (külső rácsellenállással) van az  $E_g$  állandó feszültségre kapcsolva.  $E_a$  és  $E_g$  az  $e_g$ - és

$e_a$ -tól független, konstans értékek, jelentik az úgynevezett rács-előfeszültséget és az anódszelep pozitív sarkának a feszültségét. A külső körökben folyó áramokat

OHM törvénye szabja meg:

$$i_a = \frac{E_a - e_a}{r_a}, \quad (5a)$$

$$i_g = \frac{E_g - e_g}{r_g}. \quad (5b)$$

Az (5a) ábrázolása az  $i_a - e_g - e_a$  koordináta-rendszerben egy oly síkot ad, mely az  $e_g$ -tengellyel párhuzamos és amely az  $e_a$ -tengelyt az origótól  $E_a$  távolságban metszi;

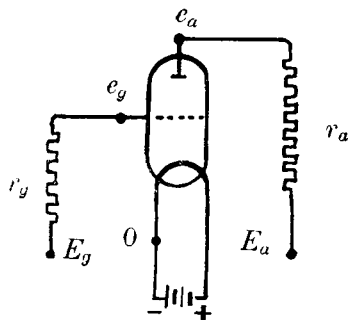
(5b) ábrázolása az  $i_g - e_g - e_a$  koordináta-rendszerben pedig oly síkot ad, mely az  $e_a$ -tengellyel párhuzamos és az  $e_g$ -tengelyt  $E_g$  távolságban metszi. (5a) és (5b) a külső körökre vonatkoznak, magára az elektroncsőre nézve az OHM törvényét a (2a) és (2b) összefüggések helyettesítik.

Az anódáramra nézve két feltételünk van, ezek közül az egyik OHM törvénye (5a), a másik az anódkarakterisztikafüggvény (2a). Az elektroncső időben állandó, stacionárius állapotánál mindkét feltételnek teljesülni kell, vagyis ezen két feltétel által adott anód-áramoknak egyenlőknek kell lenni. Tehát stacionárius állapotban:

$$\frac{E_a - e_a}{r_a} = a(e_g, e_a) = i_a. \quad (6a)$$

Ez az egyenlet térgörbét határoz meg a grafikus ábrázolásnál, mégpedig a (2a) karakterisztikus felület és az (5a) sík metszésgörbéjét. Az  $i_a - e_g - e_a$  változók értékhármasa által meghatározott munkapont ezen a metszésgörbén tartozik maradni, melynek neve *anódra vonatkozó munkagörbe* és vetületei az egyes koordinátságokra az úgynevezett *dinamikus anódkarakterisztikák*. Az  $e_g - e_a$  síkon létrejövő vetületi görbe egyenletét éppen a (6a) adja.

A rácsnál ugyanilyen a helyzet. A (2b) karakterisztikus fe-

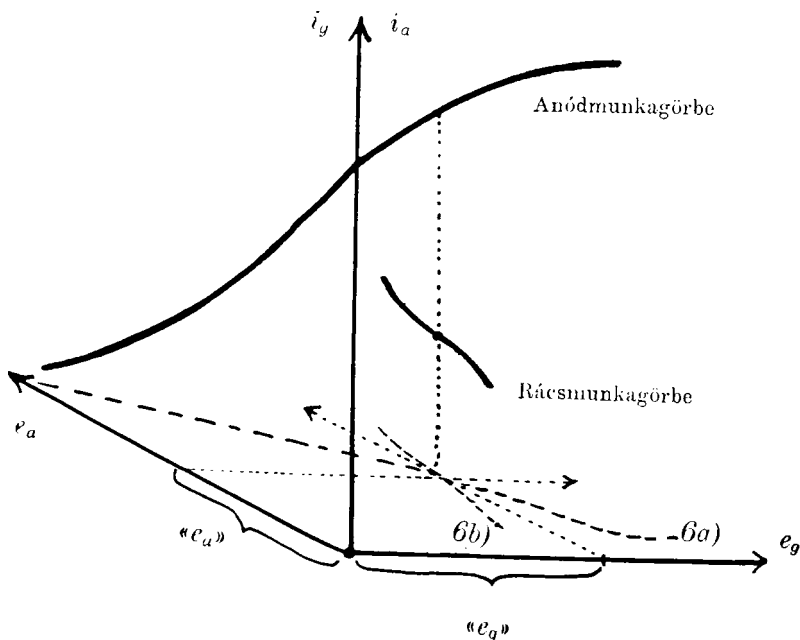


1. ábra.

lület és (5b) sík metszésgörbéjén kell a rácsmunkapontnak maradni, ezen munkagörbe vetületei a *dinamikus rácskarakterisztikák*. Az  $i_g - e_g - e_a$  síkra való vetület egyenlete:

$$\frac{E_g - e_g}{r_g} = g(e_g, e_a) = i_g. \quad (6b)$$

Helyezzük a két térbeli koordinátarendszert úgy egymásba, hogy az  $i_a - i_g$ ,  $e_g - e_g$  és  $e_a - e_a$  tengelyek essenek egybe. A működésben levő elektroncső  $i_a - e_g - e_a$  munkapontjának, azután



2. ábra.

$i_g - e_g - e_a$  munkapontjának is egy-egy térgörbén kell maradnia és mindegyik munkaponthoz ugyanazon  $e_g - e_a$  értékpárnak kell tartoznia. Ezek a feltételek csakis akkor teljesülnek, ha a két munkapont az  $e_g - e_a$  síkra merőleges egyenesben van. Ezt a pontot az  $e_g - e_a$  síkon levő dinamikus anód- és rács-karakterisztikák metszéspontja határozza meg (2. ábra) és ezen értékeket a

(6a), (6b) egyenletekből álló kétismeretlenes egyenletrendszer  $e_g$ -re és  $e_a$ -re adódó megoldásai adják meg. Ezen « $e_g$ » és « $e_a$ » értékek lesznek a rács- és anód-feszültség *nyugalmi értékei*, a hozzájuk tartozó « $i_a$ » és « $i_g$ » nyugalmi értékek (2)-, vagy (5)-ből számíthatók. Az *elektroncső rács- és anódfeszültsége, rács- és anódláramának intenzitása tehát automaticze bizonyos « $e_g$ », « $e_a$ », « $i_a$ », « $i_g$ » értékekre áll be, melyeket az elektroncső és a külső rács-, illetőleg anód-körök körülményei szabnak meg.*

## 2. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kiszámítása.

Az elektroncső négy üzemadata ( $e_g$ ,  $e_a$ ,  $i_g$ ,  $i_a$ ) a bekapcsolás után igen rövid idő alatt beáll az előbb említett stacionárius nyugalmi értékekre és ha semmi újabb körülmény nem merül fel, nem is változik meg. Amint azonban például a rácskörben valami elektromos változás jelentkezik, ez mind a négy üzemadatnál bizonyos megváltozásokat hoz létre. Ezek közül különösen azok a nevezetesek, melyek az anódkörre vonatkoznak. Ha a külső rácskörben induktív, kapacitív vagy galvanikus úton újabb  $dE_g$  elektromotoros erő lép fel, akkor a helyzet olyan, mintha az  $r_g$  rácsellenállás vége nem  $E_g$ , hanem  $E_g + dE_g$  feszültségre lenne kapcsolva. Az (5b) által megszabott síkfelület el fog tolódni és a régi (2b) karakterisztikus felülettel egy új metszégörbét hoz létre. Ezáltal változást szenved a (6b) által meghatározott dinamikus rácskarakterisztika és így a vetületi görbék metszéspontja is. Az új metszéspont más  $e_g$ ,  $e_a$ ,  $i_g$ ,  $i_a$  nyugalmi értékeket jelent, mint a régi. A mi feladatunk annak a kiszámítása, hogy *adott  $dE_g$  változás mekkora  $de_a$  megváltozást okoz az anódfeszültségénél*, mert (1) alapján ez fogja kvantitatíve megadni az erősítés és egyenirányítás nagyságát. Az eredményben az elektroncső, valamint a külső körök jellemző adatai fognak szerepelni. A tárgyalást az első és másodrendűen végtelen kicsiny mennyiségek figyelembevételével hajtjuk végre és csak a harmadrendűen végtelen kicsiny mennyiségektől kezdve hanyagolunk el. Az eredményt azután oly formába kell hozni, hogy fizikailag jól legyen interpretálható.

A (6a) és (6b) egyenletek kissé más formában :

$$E_a = e_a + r_a \cdot a(e_g, e_a), \quad (7a)$$

$$E_g = e_g + r_g \cdot g(e_g, e_a). \quad (7b)$$

$E_a$ -t konstansnak tartjuk,  $E_g$ -nek adunk  $dE_g$  változást. Az egyenletek mindkét oldalán differenciálékat veszünk.

$$0 = de_a + r_a \cdot da(e_g, e_a),$$

$$dE_g = de_g + r_g \cdot dg(e_g, e_a).$$

A kétváltozós függvények sorbafejtési tételét alkalmazva, a másodrendű differenciáléig lesz:

$$0 = de_a^2 + r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a} de_g + r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a} de_a + \frac{1}{2} r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2} (de_g)^2 +$$

$$+ r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} de_g de_a + \frac{1}{2} r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2} (de_a)^2; \quad (8a)$$

$$dE_g = de_g + r_g \frac{\partial i_g}{\partial e_g} de_g + r_g \frac{\partial i_g}{\partial e_g} de_a + \frac{1}{2} r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2} (de_g)^2 +$$

$$+ r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a} de_g de_a + \frac{1}{2} r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_a^2} (de_a)^2. \quad (8b)$$

Behozzuk a következő átmeneti, egyszerűsítő jelöléseket:

$$r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2} = a_{11}, \quad r_a \frac{\partial i_a}{\partial e_a} = a_{13},$$

$$r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} = a_{12}, \quad r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2} = a_{22}; \quad (9a)$$

$$r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} = a_{12}, \quad 1 + r_a \frac{\partial i_a}{\partial e_a} = a_{23}.$$

$$r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2} = g_{11}, \quad 1 + r_g \frac{\partial i_g}{\partial e_g} = g_{13};$$

$$r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a} = g_{12}, \quad r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_a^2} = g_{22}; \quad -2dE_g = g_{33}. \quad (9b).$$

$$r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a} = g_{12}, \quad r_g \frac{\partial i_g}{\partial e_a} = g_{23},$$

Ezek felhasználásával, rendezés után a (8) egyenletek lesznek:

$$a_{11} (de_g)^2 + 2a_{12} de_g de_a + a_{22} (de_a)^2 + 2a_{13} de_g + 2a_{23} de_a = 0, \quad (10a)$$

$$g_{11} (de_g)^2 + 2g_{12} de_g de_a + g_{22} (de_a)^2 + 2g_{13} de_g + 2g_{23} de_a + g_{33} = 0. \quad (10b)$$

A (10a) a változatlan (6a) dinamikus anódkarakterisztika egyenlete, implicate adva; (10b) viszont a  $dE_g$  elektromotoros erő hozzá-

járulása alkalmával keletkező új dinamikus rácskarakterisztika implicit egyenlete. Mindkét implicit egyenlet a nyugalmi értékek kis környezetére vonatkozik csak, és másodfokú közelítésben érvényes. A mi feladatunk a (10) egyenletrendszer megoldása  $de_a$ -ra.

A (10) alatti egyenletrendszer kétismeretlenes, másodfokú egyenletrendszer és mint ilyen megoldásakor negyedfokú (illetőleg harmadfokú) egyenletre vezet. Ez elvben megoldható, azonban a mi esetünkben olyan hosszadalmas kifejezésekre vezet, hogy a számítás tényleges elvégzése és az eredmény fizikai értelmezése nagy nehézségekbe ütközik. A számítás egyszerűsítése érdekében újabb közelítéseket kell alkalmazni, illetőleg a dinamikus karakterisztikákat a munkapont közelében nem a (10) egyenletekkel bíró általános kúpszeletekkel, hanem más görbékkel ajánlatos közelíteni.

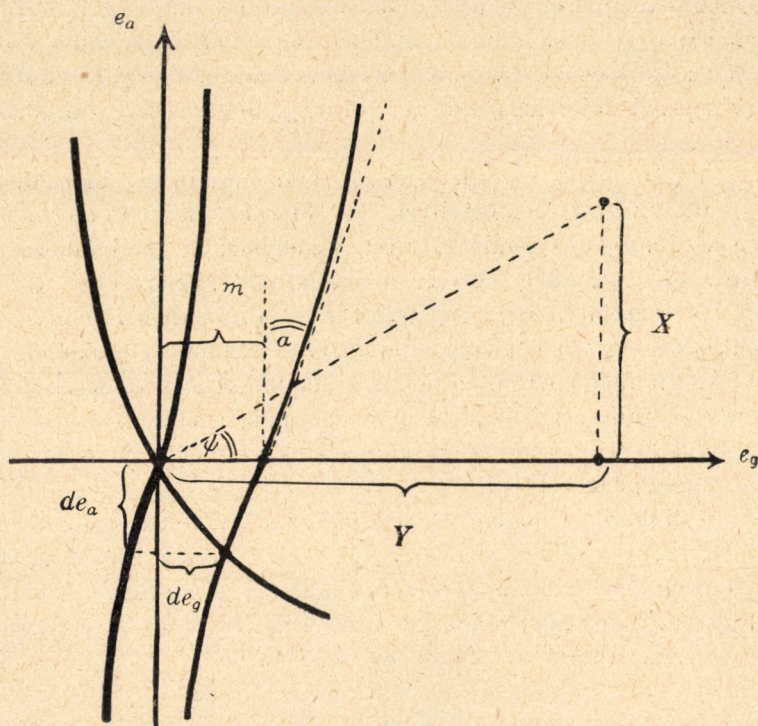
A dinamikus *anód*karakterisztikát a  $de_a = 0$ -hoz tartozó *görbületi körével* helyettesítjük; ez jogosult, mert a görbületi kör másodrendben érinti a görbét és mi az ennél magasabbrendűen végtelen kicsiny mennyiségeket úgyis elhanyagoljuk. A  $de_g$  explicit kifejezése mint  $de_a$  függvénye a (10a)-ból:

$$de_g = - \frac{a_{12}de_a + a_{13}}{a_{11}} + \frac{1}{a_{11}} \sqrt{(a_{12}^2 - a_{11}a_{22}) \cdot (de_a)^2 + 2(a_{12}a_{13} - a_{11}a_{23}) \cdot de_a + a_{13}^2}. \quad (11a)$$

A görbületi kör középpontjának koordinátái legyenek  $X$  és  $Y$  (3. ábra). A differenciálgeometria képletei alapján:

$$X = de_a - \frac{\frac{d(de_g)}{d(de_a)}}{\frac{d^2(de_g)}{d(de_a)^2}} \cdot \left( 1 + \left[ \frac{d(de_g)}{d(de_a)} \right]^2 \right),$$

$$Y = de_g + \frac{1}{\frac{d^2(de_g)}{d(de_a)^2}} \cdot \left( 1 + \left[ \frac{d(de_g)}{d(de_a)} \right]^2 \right).$$



3. ábra.

A  $de_a = 0$ -hoz tartozó értékekre nézve nyerjük differenciálással

$$de_g = 0,$$

$$\left[ \frac{d(de_g)}{d(de_a)} \right]_{de_a=0} = -\frac{a_{23}}{a_{13}},$$

$$\left[ \frac{d^2(de_g)}{d(de_a)^2} \right]_{de_a=0} = \frac{a_{13}(a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22}) + a_{23}(a_{12}a_{13} - a_{11}a_{23})}{a_{13}^3}.$$

Ezeket behelyettesítve adódik  $X$ - és  $Y$ -ra:

$$X = \frac{a_{23}(a_{13}^2 + a_{23}^2)}{a_{13}(a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22}) + a_{23}(a_{12}a_{13} - a_{11}a_{23})}. \quad (12)$$

$$Y = \frac{a_{13}(a_{13}^2 + a_{23}^2)}{a_{13}(a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22}) + a_{23}(a_{12}a_{13} - a_{11}a_{23})}.$$



A görbületi sugár ( $\varrho$ ) pedig

$$\varrho^2 = X^2 + Y^2.$$

E görbületi sugár iránytangense

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{X}{Y} = \frac{a_{23}}{a_{13}}. \quad (13)$$

Ezek segítségével a közelítésre használt görbületi kör egyenlete:

$$(X - de_a)^2 + (Y - de_g)^2 = X^2 + Y^2, \quad (14)$$

kifejezve explicite  $de_g$ -t:

$$de_g = Y - \sqrt{Y^2 + 2Xde_a - (de_a)^2}. \quad (15)$$

Tehát a (10a) egyenlet helyett (15) szerepel.

A dinamikus *rácskarakterisztika* görbületése a valóságban előforduló elektroncsöveknél mindig oly kicsiny, hogy közelítésre szabad a végtelen sugarú görbületi kört, vagyis az érintőt használni. Ezen közelítés jogosultságát a kísérleti rész számadatai (III. 1b 533. o. VII. táblázat) bizonyítják. (10b)-ből  $de_g$  explicit kifejezése mint  $de_a$  függvénye:

$$de_g = -\frac{g_{12}de_a + g_{13}}{g_{11}} + \frac{1}{g_{11}} \cdot \sqrt{(g_{12}^2 - g_{11}g_{22}) \cdot (de_a)^2 + 2(g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23}) \cdot de_a + (g_{13}^2 - g_{11}g_{33})}. \quad (11b)$$

A  $de_a = 0$ -hoz tartozó érintő egyenletét nyerjük, ha  $de_g$  (11b) alatti kifejezését  $de_a = 0$  helyen sorbafejtjük a lineáris tagig:

$$\begin{aligned} de_g &= [de_g]_{de_a=0} + \left[ \frac{d(de_g)}{d(de_a)} \right]_{de_a=0} \cdot de_a = \\ &= -\frac{g_{13}}{g_{11}} + \frac{1}{g_{11}} \cdot \sqrt{g_{13}^2 - g_{11}g_{33}} + \left[ -\frac{g_{12}}{g_{11}} + \frac{g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23}}{g_{11}\sqrt{g_{13}^2 - g_{11}g_{33}}} \right] \cdot de_a. \end{aligned} \quad (16)$$

A (16) által meghatározott egyenes iránytangense

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{g_{12}}{g_{11}} + \frac{g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23}}{g_{11}\sqrt{g_{13}^2 - g_{11}g_{33}}}, \quad (17)$$

$de_a = 0$ -hoz tartozó ordinátája pedig

$$m = -\frac{g_{13}}{g_{11}} + \frac{1}{g_{11}} \cdot \sqrt{g_{13}^2 - g_{11}g_{33}}. \quad (18)$$

Minkét kifejezést binominális sorba fejtjük a  $g_{33}$  hatványai szerint a lineáris tagig, hogy képleteink  $g_{33}$  (illetőleg  $dk_g$ ) hatványai szerint rendezett kifejezések legyenek.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= -\frac{g_{12}}{g_{11}} + \frac{g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23}}{g_{11}g_{13}} \cdot \left[1 - \frac{g_{11}g_{33}}{g_{13}^2}\right]^{-\frac{1}{2}} = \\ &= -\frac{g_{23}}{g_{13}} + \frac{g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23}}{2g_{13}^3} \cdot g_{33} + \dots, \end{aligned} \quad (19)$$

$$m = -\frac{g_{13}}{g_{11}} + \frac{g_{13}}{g_{11}} \cdot \left[1 - \frac{g_{11}g_{33}}{g_{13}^2}\right]^{\frac{1}{2}} = -\frac{1}{2g_{13}} \cdot g_{33}. \quad (20)$$

A (10b) alatti egyenlet helyett tehát ez szerepel közelítésben:

$$de_g = \operatorname{tg} \alpha \cdot de_a + m, \quad (21)$$

ahol  $\operatorname{tg} \alpha$  és  $m$  értékeit (19) és (20) adják.

A (10a) és (10b) egyenletek helyébe most a (15) és a (21) egyenleteket tesszük és ezen egyenletrendszer megoldását, vagyis az anód-görbületi kör és rács-egyenes metszéspontját keressük. A (15) és (21) egyenletekből egyenlítéssel lesz:

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot de_a + m = Y - \sqrt{Y^2 + 2Xde_a - (de_a)^2},$$

négyzetreemelés, rendezés után pedig:

$$(1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \cdot (de_a)^2 - 2[(Y - m) \operatorname{tg} \alpha + X] \cdot de_a + [(Y - m)^2 - Y^2] = 0;$$

$\alpha$  mindig igen kicsiny szög a tapasztalat szerint (III. Kísérleti rész, 1. b. 536. oldal), ezért  $\operatorname{tg}^2 \alpha$  elhanyagolható 1 mellett és marad

$$(de_a)^2 - 2[(Y - m) \operatorname{tg} \alpha + X] \cdot de_a + [(Y - m)^2 - Y^2] = 0.$$

Ennek megoldása  $de_a$ -ra:

$$de_a = (Y - m) \operatorname{tg} \alpha + X - \sqrt{[(Y - m) \operatorname{tg} \alpha + X]^2 + m(2Y - m)}. \quad (22)$$

Hátra van ez eredmény olymódon való átalakítása, hogy a képletekben közvetlenül az elektroncső jellemző adatai szerepel-

jenek. (19) és (20) felhasználásával,  $g_{33}$  elsőfokúnál magasabb hatványait elhanyagolva, lesz

$$(Y - m) \operatorname{tg} \alpha + X = \mathfrak{A} + \mathfrak{B}g_{33};$$

ahol

$$\begin{aligned}\mathfrak{A} &= X - Y \frac{g_{23}}{g_{13}} = Y (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \alpha), \\ \mathfrak{B} &= \frac{Y (g_{12}g_{13} - g_{11}g_{23})}{2g_{13}^3} = \frac{g_{23}}{2g_{13}^2},\end{aligned}\quad (23)$$

azután ugyanúgy

$$m(2Y - m) = -\frac{Y}{g_{13}} \cdot g_{33} - \left[ \frac{Yg_{11}}{4g_{13}^3} + \frac{1}{4g_{12}^2} \right] \cdot g_{33}^2.$$

Ezeket behelyettesítve (22)-be

$$\begin{aligned}de_a &= \mathfrak{A} + \mathfrak{B}g_{33} - \\ &- \mathfrak{A} \sqrt{1 + \left[ \frac{2\mathfrak{B}}{\mathfrak{A}} - \frac{Y}{g_{13}\mathfrak{A}^2} \right] \cdot g_{33} + \left[ \frac{\mathfrak{B}^2}{\mathfrak{A}^2} - \frac{Yg_{11}}{4g_{13}^3\mathfrak{A}^2} - \frac{1}{4g_{12}^2\mathfrak{A}^2} \right] \cdot g_{33}^2}.\end{aligned}$$

Binominális sorba fejtvé  $g_{33}$  szerint, kvadratos tagig:

$$\begin{aligned}de_a &= \frac{Y}{2g_{13}\mathfrak{A}} \cdot g_{33} + \\ &+ \left[ \frac{1}{8g_{13}^2\mathfrak{A}} + \frac{Yg_{11}}{8g_{13}^3\mathfrak{A}} - \frac{\mathfrak{B}^2}{2\mathfrak{A}} + \frac{1}{8\mathfrak{A}} \left( 2\mathfrak{B} - \frac{Y}{g_{13}\mathfrak{A}} \right)^2 \right] \cdot g_{33}^2.\end{aligned}$$

Ámde (9b) szerint

$$g_{33} = -2dE_g,$$

és így

$$\begin{aligned}de_a &= \left[ \frac{-Y}{g_{13}\mathfrak{A}} \right] \cdot dE_g + \\ &+ \left[ \frac{1}{2g_{13}^2\mathfrak{A}} + \frac{Yg_{11}}{2g_{13}^3\mathfrak{A}} - \frac{2\mathfrak{B}^2}{\mathfrak{A}} + \frac{1}{2\mathfrak{A}} \left( 2\mathfrak{B} - \frac{Y}{g_{13}\mathfrak{A}} \right)^2 \right] \cdot (dE_g)^2.\end{aligned}\quad (24)$$

Eredményünk tehát  $de_a$ -t a  $dE_g$  hatványai szerint rendezve adja:

$$de_a = c_1 \cdot dE_g + c_1 \cdot (dE_g)^2. \quad (1)$$

A  $c_1$  és  $c_2$  együtthatókat további átalakításoknak vethetjük alá.  $c_1$ -nél felhasználva  $\mathfrak{A}$ -nak (23) alatti értékét, azután a (13), (3) és (4) összefüggéseket

$$\begin{aligned}
 c_1 &= -\frac{Y}{g_{13}\mathfrak{A}} = -\frac{1}{g_{13}X - g_{23}Y} = -\frac{1}{g_{13}\operatorname{tg}\phi - g_{23}} = \\
 &= -\frac{a_{13}}{a_{23}} \cdot \frac{1}{g_{13} - \frac{a_{13}}{a_{23}}g_{23}} = -\frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{1}{1 + r_g S_g - \frac{r_g}{R_{ig}} \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}}} \\
 c_1 &= -\frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_g}{R_{ig}} \left( \frac{1}{D} - \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)}. \quad (25)
 \end{aligned}$$

A  $c_2$ -nél a négyzetreemelés elvégzése és rendezés után, ahol csak lehetséges elvégezzük a  $c_1 = -\frac{Y}{g_{13}\mathfrak{A}}$  helyettesítést, mert ez nagy egyszerűsödést von maga után és az értelmezés szempontjából is nagyon előnyös (523. oldal).

$$\begin{aligned}
 c_2 &= \frac{1}{2g_{13}^2\mathfrak{A}} + \frac{Yg_{23}}{g_{13}^3\mathfrak{A}^2} + \frac{Y^2}{2g_{13}^2\mathfrak{A}^3} + \left( \frac{Y^2}{g_{13}^4\mathfrak{A}^2} + \frac{Y}{2g_{13}^3\mathfrak{A}} \right) g_{11} - \frac{Y^2}{g_{13}^3\mathfrak{A}^2} g_{12} = \\
 &= \frac{-c_1}{Y} \left( \frac{c_1^2 g_{13}}{2} + \frac{1 - 2c_1 g_{23}}{2g_{13}} \right) + \frac{1}{g_{13}^2} \left( \frac{2c_1^2 g_{23} - c_1}{2} \right) g_{11} - \frac{c_1^2}{g_{13}} g_{12}.
 \end{aligned}$$

A (3b), (4) alatti jelölések és összefüggések figyelembevételével

$$\begin{aligned}
 c_2 &= -\frac{c_1}{2Y} \left[ c_1^2 (1 + r_g S_g) + \frac{R_{ig} - 2c_1 r_g}{R_{ig} (1 + r_g S_g)} \right] + \\
 &+ \frac{c_1}{2} \cdot \frac{r_g}{R_{ig}} \cdot \frac{2c_1 r_g - R_{ig}}{(1 + r_g S_g)^2} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g} - \frac{c_1^2 r_g}{1 + r_g S_g} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a}. \quad (26)
 \end{aligned}$$

$Y$  itt a görbületi sugárnak az  $e_g$ -tengely irányába eső vetülete. Az  $\frac{1}{Y}$  kiszámítására a (12) alatti képletet használjuk és a (3a) jelöléseket vesszük figyelembe:

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{Y} &= -\frac{a_{23}^2 a_{11} - 2a_{13} a_{23} a_{12} + a_{13}^2 a_{22}}{a_{13} (a_{13}^2 + a_{23}^2)} = -\frac{1}{r_a S} \cdot \frac{1}{r_a^2 S^2 + (r_a + R_{ia})^2 S^2 D^2} \cdot \\
 &\cdot \left[ D^3 S^2 (r_a + R_{ia})^2 r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2} - 2DS^2 r_a \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} + S^2 r_a^3 \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2} \right] = \\
 &= -\frac{1}{S} \cdot \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)^2} \cdot \left[ \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2} - 2 \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} + \right. \\
 &\quad \left. + \left( \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2} \right]. \quad (27)
 \end{aligned}$$

Ezzel meghatároztuk  $c_1$  és  $c_2$  együtthatókat az elektroncső és a külső körök jellemző adataival; hátra van még az eredmény értelmezése.

### 3. Az eredmény értelmezése.

A fenti számítások eredménye, hogy az erősítési szorzó:

$$c_1 = -\frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r_g}{R_{ig}} \left( \frac{1}{D_g} - \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)}. \quad (25)$$

és az egyenirányítási szorzó:

$$c_2 = -\frac{c_1}{2Y} \left[ c_1^2 (1 + r_g S_g) + \frac{R_{ig} - 2c_1 r_g}{R_{ig} (1 + r_g S_g)} \right] + \frac{c_1}{2} \cdot \frac{r_g}{R_{ig}} \cdot \frac{2c_1 r_g - R_{ig}}{(1 + r_g S_g)^2} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2} - \frac{c_1^2 r_g}{1 + r_g S_g} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a} \quad (26)$$

ahol:

$$\frac{1}{Y} = -\frac{1}{S} \cdot \frac{1}{1 + \left( \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)^2} \cdot \left[ \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2} - 2 \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a} + \left( \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \right)^2 \cdot \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2} \right] \quad (27)$$

Ezek a formulák a gyakorlati számítások céljaira még nagyon egyszerűsíthetők, mert (25)-nél  $\frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}}$  elhanyagolható  $\frac{1}{D_g}$  mellett, azután (26)-nál  $2c_1 \frac{r_g}{R_{ig}}$  elhanyagolható az 1 mellett (III. Kísérleti rész, 533. 534. o. VI. és VII. táblázat.) és (4b) figyelembevételével marad:

$$c_1 = -\frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}} \cdot \frac{1}{1 + r_g S_g}, \quad (28)$$

$$c_2 = -\frac{c_1}{2Y} \cdot \left[ c_1^2 (1 + r_g S_g) + \frac{1}{1 + r_g S_g} \right] - \frac{c_1}{2} \cdot r_g \cdot \frac{1}{(1 + r_g S_g)^2} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2} - \frac{c_1^2 r_g}{1 + r_g S_g} \cdot \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a}. \quad (29)$$

Az erősítési szorzó függ  $r_g$  rácsellenállástól, melynek be-

folyása kis  $r_g$ -nél jelentéktelen, nagy  $r_g$ -nél azonban tetemes, amint az a kísérleti rész számadataiból is látszik (546. oldal). Az erősítési szorzó (25) alatti kifejezése  $r_g = 0$ -nál átmegy a SCHOTTKY-BARKHAUSEN-féle speciális képletbe: <sup>1, 2, 5, 6</sup>

$$c_1 = \frac{1}{D} \cdot \frac{r_a}{r_a + R_{ia}}, \quad (30)$$

amely tehát csak egy nagyon speciális esete a fenti formulának. Nagy  $r_g$  rácsellenállásnál, amint az a LEE de FOREST-féle audionkapcsolásnál és némely ellenállásos erősítési kapcsolásnál előfordul, a régi (30) alatti formula nem használható, csak a (25) alatti képlet. A rácsellenállás nagy befolyása kísérletek alkalmával csakis sztatikus vagy igen nagy ellenállású műszerekkel észlelhető, a rácsellenállás szerepe ezért marad kísérleti vizsgálatoknál igen könnyen elrejtve.

Az egyenirányítási szorzó első részlete az úgynevezett anódegyenirányításra, második részlete a rácsegyenirányításra (úgynevezett audionegyenirányítás) vonatkozik, mert az elsőben csak  $i_a$ , a másodikban csak  $i_g$  második parciális differenciálkvóciensei szerepelnek. Az egyenirányítási szorzó az anód- és rácsegyenirányításhoz tartozó részekből egyszerűen összegeződik, a két-fajta egyenirányítás additív természetű. Az egyenirányításra vonatkozó és a gyakorlatban használt képletek <sup>3, 7, 8, 33</sup> (548. oldal) speciális eseteket vesznek csak figyelembe, míg a (26) alatti eredmény általánosan érvényes.

Az anódegyenirányítás egyenesen arányos  $\frac{1}{Y}$ -al, ahol  $Y$  a dinamikus anódkarakterisztika görbületi sugarának az  $e_g$ -tengely menti vetülete. A rácsegyenirányítás annál nagyobb, minél nagyobbak  $i_g$  második parciális kvóciensei.

Az erősítési és egyenirányítási szorzók szerepét kell még megvilágítani. Jelentsen a  $dE_g$  hozzájáruló elektromotoros erő alacsonyfrekvenciával modulált magasfrekvenciájú rezgést,

$$dE_g = (d\eta + d\eta_0 \sin \Omega t) \sin \omega t, \quad (31)$$

hol  $d\eta_0$  a moduláló rezgés amplitudója,  $\Omega$  az alacsony-,  $\omega$  pedig a magasfrekvenciájú rezgés körfrekvenciája. Az ilyen alakban je-

lentkező  $dE_g$ -t behelyettesítve (1)-be E. L. CHAFFEE és G. H. BROWNING<sup>31</sup> számításai alapján a következő rezgéscsoport jön létre:

$$\begin{aligned}
 d\psi_a = & c_1 (d\eta + d\eta_0 \sin \Omega t) \sin \omega t && + \text{erősített eredeti rezgés,} \\
 & + c_2 \cdot d\eta \cdot d\eta_0 \cdot \sin \Omega t && + \text{hangrezgés,} \\
 & + c_2 \left( \frac{d\eta^2}{2} + \frac{d\eta_0^2}{4} \right) && + \text{konstans érték,} \\
 & + \frac{1}{4} \cdot c_2 \cdot d\eta_0^2 \cdot \sin (2\Omega t - 90^\circ) && + \text{hangrezgés felsőrezgése,} \\
 & + c_2 \left( \frac{d\eta^2}{2} + \frac{d\eta_0^2}{4} \right) \cdot \sin (2\omega t - 90^\circ) && + \text{hordóhullám felső-} \\
 & && \text{rezgése,} \\
 & + c_2 \cdot d\eta \cdot d\eta_0 \cdot \sin \Omega t \cdot \sin (2\omega t - 90^\circ) && + \text{ugyanaz modulálva} \\
 & && \text{hangrezgéssel,} \\
 & + \frac{1}{4} \cdot c_2 \cdot d\eta_0^2 \cdot \sin (2\Omega t - 90^\circ) \cdot \sin (2\omega t - 90^\circ) && + \text{ugyanaz modulálva} \\
 & && \text{hang oktávjával.}
 \end{aligned}$$

Ez a hét tag minden elhanyagolás nélkül, goniometria i identitások alapján keletkezik. Az első tag a  $c_1$ -el megszorozott eredeti (31) szerinti rezgést mutatja, a keletkezett alacsonyfrekvenciájú hangrezgésnek a nagyságát  $c_2$  szabja meg, azonkívül még különféle felsőrezgések jönnek létre. Ezek alapján úgy látszik az első pillanatban, hogy a keletkező hangrezgés intenzitását csakis a  $c_2$  egyenirányítási szorzó szabja meg és az erősítési szorzó erre nincs is befolyással. Azonban az egyenirányítási szorzó képlete mutatja (26), hogy  $c_2$  annál nagyobb, minél nagyobb  $c_1$ , így azután az erősítési szorzó is hatással van a keletkező hangrezgés intenzitására.

Az elektroncsövek működésénél meg szoktak különböztetni erősítést és egyenirányítást, ez utóbbinál pedig élesen szembeállítják az úgynevezett anód- és rácsegyenirányítást. A fentiekben az elektroncső működésének általános tárgyalását adtuk, amely az erősítés és egyenirányítás viszonyát helyesen világítja meg és eltünteti a kétfajta egyenirányítás közti ellentétet. A szóbanforgó problémák szokásos tárgyalásánál vagy csak az anódkör működésére (például erősítés, anódegyenirányítás), vagy csak a rácskör működésére (például audion egyenirányítás) fordítanak figyelmet, a valóságban azonban egyidejűleg, közös működésben van az elektroncső rác- és anódköre, azután pedig az erősítés,

mindkétfajú egyenirányítás egyidejűleg is felléphet. Tárgyalás-módunk mindezt egyszerre veszi figyelembe és ezen igen általános esetben szereplő körülményeket kvantitativ tisztázza.

Számításaink tisztán ohmos ellenállásokra vonatkoznak, azonban rezonancia esetében a váltóáramú ellenállásoknál szintén nincs fáziskésés, csak az ohmos ellenállás helyébe lép az impedancia. Szükség esetén a fáziseltéréseket is figyelembe vehetjük azáltal, hogy az Ohm törvényét ábrázoló síkok helyett ellipszis keresztmetszetű hengereket alkalmazunk. A számítások térbeli grafikus meggondolással való kísérése a Möller-féle rezgési karakterisztikák<sup>4, 32</sup> levezetésénél is célszerűen használható.

### III. Kísérleti rész.

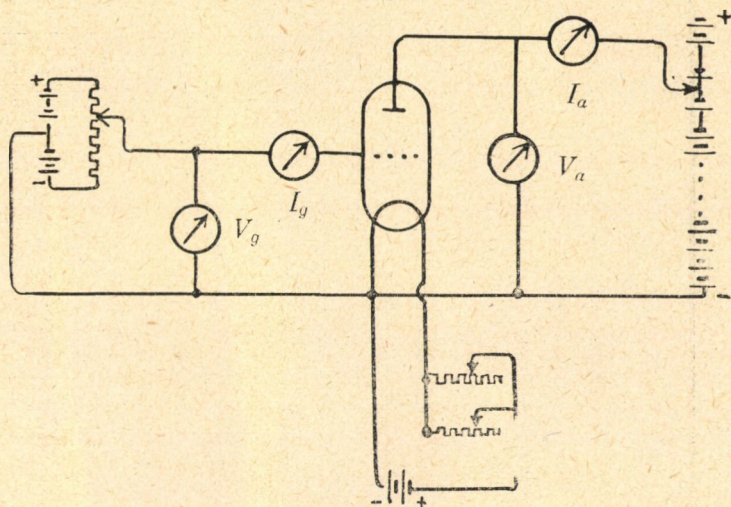
A jelen dolgozatban ismertetett kísérleti vizsgálatok célja az elméleti részben levezetett képletek (25) (26) helyességének ellenőrzése. Az erősítési és egyenirányítási szorzó *kiszámítása* (1. fejezet) oly módon történt, hogy az elektroncső karakterisztikamezejének felmérése alapján kiszámítottam a karakterisztikus függvények első és második parciális kvócienseit, azután ezeket az értékeket behelyettesítettem a (25) és (26) képletekbe. Az erősítési és egyenirányítási szorzó *kísérleti meghatározása* (2. fejezet) oly módon történt, hogy megmértem adott  $dE_g$  elektromotoros erő által előidézett  $de_a$  anódfeszültségváltozást. A kétféle úton nyert eredmények *összehasonlítása* (3. fejezet) eldönti azután a képletek helyességének a kérdését.

#### 1. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kiszámítása.

##### a) *A karakterisztikamező felmérése.*

A karakterisztikamező felmérését a szokásos kapcsolási berendezéssel hajtottam végre (4. ábra). A fűtőáramot finomabb változtathatóság céljából két parallel kapcsolt tolóellenállással (43 és 88 ohm) szabályoztam és állandóságát az anóráram intenzitásával ellenőriztem. A használt eszközök:





4. ábra.

$I_a$  Siemens 49763 sz. milliampéremérő, 1 sk.  $r.=10^{-4}$  A.

$I_g$  Hartmann & Braun 1069 sz. mikroampéremérő, 1 sk.  $r.=1.896 \cdot 10^{-8}$  A., (néha megfelelő shuntökkel).

$V_a$  Siemens 49762 sz. voltmérő, 1 sk.  $r.=1$  volt.

$V_g$  Siemens & Halske 2322792 sz. voltmérő, 1 sk.  $r.=0.05$  volt.

A karakterisztikamezők felmérése alkalmával a rácsheszültséget 0.1—0.5 voltnyi, az anódsheszültséget 5—10 voltnyi értékkel változtattam. A lemért lámpák használt fűtési adatai:

Philips B 406,  $e_h = 2.73$  volt,  $i_h = 0.1118$  A.,

Tungsram G 405,  $e_h = 3.50$  volt,  $i_h = 0.0791$  A.

Az I. és II. táblázatok a Philips B 406, a III. és IV. táblázatok a Tungsram G 405 elektroncső anód- és rácsharakterisztikamezőinek adatait mutatják. A táblázatok az anódáramot milliampérebén, a rácsheszültséget mikroampérebén adják meg, mint a rácsheszültség függvényét.

I.  
Philips B 406.

$i_a$  mA-ben,  $e_g$ ,  $e_a$  voltban.

$e_a \backslash e_g$	-8.0	-7.5	-7.0	-6.5	-6.0	-5.5	-5.0	-4.5	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
5																	0.05	0.10	0.15	0.24	0.33	0.47	0.60	0.81	1.02	1.21
10															0.05	0.10	0.15	0.27	0.38	0.57	0.75	0.97	1.19	1.42	1.64	1.85
15														0.08	0.11	0.14	0.26	0.38	0.55	0.71	0.96	1.20	1.44	1.68	1.95	2.22
20											0.08	0.11	0.14	0.23	0.32	0.51	0.69	0.94	1.19	1.45	1.70	2.00	2.29	2.58	2.86	3.09
25									0.08	0.14	0.19	0.29	0.38	0.54	0.70	0.94	1.18	1.44	1.70	1.97	2.23	2.56	2.89	3.17	3.45	3.72
30							0.08	0.13	0.18	0.27	0.35	0.53	0.72	0.94	1.15	1.40	1.66	1.90	2.23	2.56	2.90	3.19	3.48	3.75	4.02	4.31
35				0.08	0.10	0.15	0.20	0.29	0.38	0.54	0.69	0.90	1.11	1.34	1.58	1.86	2.14	2.48	2.82	3.14	3.46	3.76	4.06	4.34	4.61	4.82
40	0.08	0.09	0.10	0.15	0.20	0.29	0.38	0.53	0.67	0.89	1.10	1.33	1.56	1.83	2.10	2.41	2.72	3.06	3.41	3.75	4.08	4.34	4.60	4.85	5.10	5.25
45	0.10	0.15	0.19	0.29	0.38	0.53	0.68	0.86	1.04	1.32	1.60	1.85	2.10	2.41	2.71	3.01	3.30	3.66	4.01	4.31	4.61	4.86	5.11	5.29	5.46	5.58
50	0.20	0.29	0.38	0.53	0.65	0.83	1.00	1.29	1.58	1.83	2.08	2.42	2.75	3.03	3.31	3.60	3.89	4.21	4.52	4.81	5.10	5.30	5.49	5.62	5.74	5.82
55	0.40	0.54	0.68	0.85	1.02	1.27	1.49	1.83	2.16	2.38	2.60	2.95	3.30	3.59	3.88	4.14	4.40	4.71	5.01	5.25	5.49	5.63	5.77	5.88	5.98	6.04
60	0.82	1.00	1.17	1.39	1.60	1.83	2.06	2.39	2.72	3.00	3.28	3.58	3.88	4.13	4.38	4.63	4.88	5.14	5.40	5.59	5.78	5.89	6.00	6.08	6.16	6.21
65	1.24	1.44	1.64	1.93	2.12	2.38	2.63	2.97	3.31	3.59	3.86	4.13	4.40	4.63	4.86	5.04	5.22	5.46	5.69	5.87	6.04	6.12	6.20	6.25	6.30	6.35
70	1.70	1.93	2.16	2.43	2.70	2.95	3.20	3.53	3.86	4.13	4.39	4.64	4.88	5.09	5.30	5.42	5.53	5.73	5.92	6.08	6.23	6.28	6.32	6.38	6.43	6.47
75	2.20	2.43	2.66	2.94	3.22	3.49	3.73	4.03	4.32	4.59	4.80	5.02	5.24	5.40	5.56	5.68	5.80	5.96	6.11	6.26	6.40	6.42	6.44	6.50	6.56	6.58
80	2.68	2.94	3.20	3.47	3.74	4.02	4.30	4.55	4.80	5.01	5.22	5.42	5.61	5.75	5.88	5.94	6.00	6.14	6.27	6.39	6.51	6.54	6.56	6.62	6.68	6.69
85	3.18	3.44	3.70	3.96	4.22	4.47	4.72	4.96	5.19	5.39	5.59	5.74	5.89	6.00	6.11	6.16	6.20	6.30	6.40	6.51	6.62	6.64	6.66	6.69	6.76	6.78
90	3.69	3.95	4.20	4.45	4.70	4.93	5.15	5.36	5.56	5.73	5.90	6.02	6.14	6.19	6.24	6.28	6.32	6.41	6.50	6.62	6.73	6.74	6.75	6.78	6.82	6.84
95	4.16	4.38	4.60	4.82	5.04	5.27	5.49	5.65	5.80	5.92	6.04	6.12	6.20	6.28	6.35	6.42	6.48	6.54	6.60	6.70	6.80	6.81	6.82	6.85	6.88	6.89

## II.

## Philips B 406.

 $i_g$   $10^{-6}$ A-ben,  $e_g$ ,  $e_a$  voltban.

$e_g \backslash e_a$	—0·5	0	0·5	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0	3·5	4·0	4·5	5·0
10	0·0019	0	0·2823	5·230	16·51	28·18	56·74	112·1	174·0	227·5	290·0	350·0
20	0·0019	0	0·1421	5·428	14·22	28·57	50·95	82·30	135·0	184·0	238·5	299·0
30	0·0019	—0·0019	0·0871	5·623	15·40	29·34	49·41	78·40	111·8	160·0	207·0	254·4
40	0·0019	—0·0019	0·0587	5·230	16·51	30·10	49·41	77·20	106·9	134·0	182·0	220·0
50	0	—0·0038	0·0398	4·851	15·75	30·86	49·79	74·96	101·6	124·8	162·5	192·8
60	—0·0009	—0·0057	0·0265	4·750	15·40	30·10	49·02	71·40	95·1	116·0	147·4	172·1
70		—0·0076	0·0247	4·645	15·40	29·34	48·25	67·15	88·0	106·9	132·7	157·0
80		—0·0095	0·0228	3·860	15·40	28·57	45·16	62·60	82·0	99·6	122·1	145·5
90			0·0208	3·862	14·28	27·41	43·23	58·29	77·20	93·2		

III.  
Tungsram G 405.

$i_a$  mA-ben,  $e_g$ ,  $e_a$  voltban.

$e_a \backslash e_g$	-9.0	-8.5	-8.0	-7.5	-7.0	-6.5	-6.0	-5.5	-5.0	-4.5	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.75	-0.5	-0.25
10.2																				0.08
20.4																				0.10
30.5																		0.09	0.12	0.25
40.6									0.10	0.11		0.20	0.28	0.34	0.42	0.54	0.60	0.69	0.74	
50.7							0.11		0.16	0.20	0.22	0.30	0.40	0.51	0.61	0.77	0.91	1.00	1.09	1.18
60.7		0.11		0.14	0.16	0.19	0.20	0.22	0.29	0.38	0.46	0.58	0.69	0.81	1.00	1.18	1.36	1.46	1.54	1.64
70.8	0.18		0.19	0.20	0.25	0.30	0.36	0.42	0.51	0.62	0.76	0.90	1.07	1.27	1.43	1.63	1.86	1.98	2.09	2.20
78.2	0.20	0.21	0.27	0.31	0.38	0.44	0.52	0.63	0.77	0.90	1.04	1.20	1.39	1.60	1.81	2.06	2.30	2.41	2.56	2.69
86.0	0.29	0.34	0.40	0.47	0.56	0.66	0.79	0.91	1.07	1.21	1.40	1.59	1.79	2.01	2.26	2.50	2.74	2.89	3.00	3.14
93.0	0.42	0.50	0.59	0.69	0.79	0.90	1.05	1.20	1.38	1.54	1.73	1.98	2.20	2.45	2.70	2.98	3.23	3.40	3.58	3.76

# III. Folytatás.

NYI

$e_g \backslash e_a$	0	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
10.2			0.12		0.21	0.29	0.37	0.46	0.58	0.70	0.85	1.00	1.18	1.32	1.49	1.63	1.82	2.01	2.21	2.41	2.61
20.4	0.22		0.31		0.41	0.53	0.68	0.80	0.98	1.16	1.30	1.49	1.68	1.87	2.09	2.29	2.50	2.71	2.95	3.20	3.41
30.5	0.49	0.55	0.60	0.69	0.79	0.91	1.09	1.26	1.45	1.65	1.84	2.04	2.29	2.53	2.78	3.00	3.26	3.49	3.73	4.00	4.28
40.6	0.83	0.91	1.00	1.10	1.20	1.40	1.59	1.79	1.99	2.22	2.48	2.70	2.95	3.20	3.46	3.70	3.97	4.20	4.49	4.71	5.00
50.7	1.29	1.39	1.49	1.59	1.70	1.90	2.12	2.38	2.61	2.89	3.11	3.38	3.61	3.89	4.16	4.41	4.69	4.92	5.22	5.49	5.74
60.7	1.79	1.89	1.99	2.11	2.24	2.50	2.77	3.00	3.28	3.54	3.80	4.08	4.32	4.60	4.88	5.13	5.40	5.69	5.96	6.20	6.49
70.8	2.34	2.49	2.60	2.73	2.88	3.13	3.40	3.69	4.04	4.22	4.52	4.79	5.10	5.33	5.60	5.89	6.17	6.42	6.70	6.93	7.14
78.2	2.94	3.10	3.21	3.36	3.48	3.79	4.03	4.32	4.60	4.90	5.14	5.48	5.68	6.03	6.31	6.60	6.86	7.11	7.36	7.60	7.80
86.0	3.42	3.59	3.71	3.87	4.00	4.30	4.58	4.86	5.13	5.42	5.71	6.01	6.31	6.61	6.91	7.20	7.46	7.70	7.91	8.12	8.30
93.0	3.82	3.97	4.10	4.25	4.40	4.69	4.99	5.27	5.54	5.84	6.12	6.40	6.70	6.99	7.26	7.50	7.75	7.97	8.20	8.39	8.55

34

IV.  
Tungsram G 405.  
 $i_g$   $10^{-8}$  A-ben,  $e_g$ ,  $e_a$  voltban.

$e_a \backslash e_g$	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
0	0.0076	0.0379	0.1308	0.3432	0.9280	1.977	3.349	5.246	7.465	10.29	13.28	16.26	22.69	27.73	33.35	41.11
10.2		0.0019	0.0095	0.0360	0.1157	0.2598	0.5233	0.9281	1.574	2.381	3.268	4.318	5.447	6.739	8.312	9.684
20.4		0.0009	0.0057	0.0190	0.0683	0.1934	0.4209	0.8070	1.291	2.018	2.865	3.793	4.963	6.214	7.667	9.281
30.5		0.0009	0.0038	0.0114	0.0417	0.1384	0.3697	0.7263	1.251	1.897	2.744	3.672	4.842	6.093	7.58	9.281
40.6		0.0009	0.0019	0.0076	0.0322	0.1100	0.3166	0.6658	1.211	1.856	2.744	3.712	4.882	6.174	7.707	9.482
50.7			0.0019	0.0057	0.0265	0.0910	0.2749	0.6254	1.211	1.937	2.825	3.793	5.044	6.375	8.110	9.765
60.7			0.0019	0.0057	0.0246	0.0815	0.2522	0.5649	1.211	1.977	2.905	3.914	5.246	6.577	8.514	10.17
70.8			0.0019	0.0038	0.0228	0.0777	0.2294	0.5246	1.211	2.018	2.946	4.116	5.407	6.860	8.837	10.53
78.2			0.0009	0.0038	0.0228	0.0777	0.2275	0.5246	1.211	2.058	3.026	4.237	5.649	6.940	9.038	10.65
86.0			0.0009	0.0057	0.0209	0.0758	0.2124	0.5246	1.211	2.058	3.067	4.237	5.689	7.384	9.402	10.98
93.0			0.0009	0.0057	0.0171	0.0550	0.1555	0.4380	1.009	1.856	2.986	4.196	5.689	7.384	9.482	11.34

IV. Folytatás.

$\frac{e_g}{e_a}$	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0	47.12	53.52	60.88	70.37	79.05	88.69	97.36	108.0	117.6	127.2	137.9	150.4	161.0	173.5	188.9	205.3	219.8
10.2	10.98	12.41	14.54	16.48	18.61	20.75	23.27	25.59	28.31	31.02	33.35	36.84	40.91	44.21	47.12	50.41	54.29
20.4	10.57	12.02	13.77	15.71	17.84	20.17	22.69	25.21	27.73	30.44	33.16	36.65	40.91	44.60	47.70	51.19	55.07
30.5	10.65	12.22	13.96	15.71	17.84	19.78	22.10	24.63	27.34	29.86	32.77	35.48	39.94	43.63	46.92	50.41	54.49
40.6	10.93	12.80	14.35	16.29	18.23	20.17	22.49	25.01	27.34	30.05	32.77	35.87	40.53	43.82	46.92	50.41	54.49
50.7	11.30	13.38	15.12	17.06	19.00	21.14	23.27	25.40	27.92	30.64	33.16	36.45	40.72	44.21	47.12	50.61	54.49
60.7	11.78	13.77	15.71	17.64	19.58	21.52	23.65	25.98	28.70	31.02	33.74	36.84	40.91	44.60	47.51	50.80	54.68
70.8	12.19	14.15	16.09	18.23	20.17	22.10	24.43	26.76	29.09	31.61	34.32	37.62	41.88	44.98	47.89	51.19	55.07
78.2	12.47	14.54	16.48	18.61	20.55	22.88	25.01	27.34	29.67	31.80	34.71	38.78	42.66	45.57	48.48	51.77	55.46
86.0	12.91	15.32	17.26	19.39	21.33	23.46	25.59	27.92	30.64	32.96	35.68	40.14	43.63	46.15	49.06	52.74	56.04
93.0	13.23	15.51	17.64	19.58	21.72	24.04	25.98	28.50	31.02	33.35	37.03	40.91	44.40	46.92	50.03	52.93	56.81

b) *A parciális kvóciensek és  $c_1$ ,  $c_2$  kiszámítása.*

Az erősítési és egyenirányítási szorzó kísérleti meghatározásánál (2. fejezet, 536. oldal) az elektroncsöveket különböző külső rács- és anódenállások mellett használtam. A számítások első lépése volt annak a megállapítása, hogy ezen  $r_g$  és  $r_a$  ellenállások mellett milyen « $e_g$ » és « $e_a$ » nyugalmi értékre fog a rács és anód feszültsége beállani. E célból az I—IV. táblázatok adataiból grafikusan megszerkesztettem a dinamikus rács- és anód-karakterisztikának az  $e_g$ ,  $e_a$  koordinátasíkokra való vetületeit (II. Elméleti rész 511. oldal), amely görbék metszéspontjának koordinátái « $e_g$ »-t és « $e_a$ »-t adják. « $e_g$ » és « $e_a$ » értékeit az V—IX. táblázatok 1. és 2. sz. oszlopai tüntetik fel. Az ezen értékekhez tartozó első és második parciális kvócienseket az I—IV. táblázatok adataiból úgynevezett empirikus differenciációval számítottam ki, a számítás alapjául szolgáló képlet volt:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{h} \cdot \left[ \frac{J_0 + J_1}{2} \dots \frac{1}{6} \cdot \frac{J'_1 + J'_2}{2} \right],$$

ahol  $h$  az intervallum és

$$\begin{aligned} J_k &= y_{k+1} - y_k \\ J'_k &= J_{k+1} - J_k \\ J''_k &= J'_{k+1} - J'_k. \end{aligned}$$

A  $h$  intervallum a lehetséges legkisebb érték volt.

Az V., VI., VII. táblázatok a Philips B 406 elektroncsőre a VIII., IX. táblázatok a Tungstram G 405 elektroncsőre vonatkoznak. A 3., 4., 5. sz. oszlopban a meredekség, belső ellenállás és áthatás található. A VI., VII., VIII. táblázatok 6., 7., 8. sz. oszlopai az első rácsparciálisokat tüntetik fel, ezek az V. és IX. táblázatoknál nem voltak szükségesek, mert itt  $r_g = 0$ . A VII. táblázat 9., 10., 11. sz. oszlopaiban a második rács-, a IX. táblázat 6., 7., 8. sz. oszlopaiban a második anódparciálisok található, a többi táblázatnál a második parciális kvóciensek praktice zérussal voltak egyenlők.



## V.

## Philips B 406.

 $r_g = 0$ ;  $E_g = +2.5$  volt,  $E_a = 60.8$  volt.

1.	2.	3.	4.	5.
$r_a$	$e_g$	$e_a$	$R_{ia}$	$D$
$\Omega$	volt	volt	$\Omega^{-1}$	%
1000	2.5	55.6	$2.8 \cdot 10^{-4}$	20.60
5000	2.5	38.8	$5.3 \cdot 10^{-4}$	21.88
7500	2.5	33.5	$5.8 \cdot 10^{-4}$	19.68
10000	2.5	27.9	$5.8 \cdot 10^{-4}$	21.29
15000	2.5	24.5	$6.6 \cdot 10^{-4}$	18.02
20000	2.5	20.5	$6.1 \cdot 10^{-4}$	18.69

## VI.

## Philips B 406.

 $r_g = 2.41 \cdot 10^6 \Omega$ ;  $E_g = +2.5$  volt,  $E_a = 60.8$  volt.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
$r_a$	$e_g$	$S$	$R_{ia}$	$D$	$S_g$	$R_{ig}$	$D_g$	$tg^2 \alpha$
$\Omega$	volt	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	
1000	0.651	$5.9 \cdot 10^{-4}$	10940	15.52	$7.50 \cdot 10^{-6}$	$+7.51 \cdot 10^8$	0.018	$0.0004 \cdot 10^{-4}$
5000	0.648	$7.0 \cdot 10^{-4}$	8340	17.12	$6.13 \cdot 10^{-6}$	$+0.79 \cdot 10^8$	0.207	$0.0428 \cdot 10^{-4}$
10000	0.648	$6.8 \cdot 10^{-4}$	8580	17.16	$8.11 \cdot 10^{-6}$	$-2.33 \cdot 10^8$	—	$0.0168 \cdot 10^{-4}$
15000	0.647	$6.3 \cdot 10^{-4}$	9600	16.54	$8.30 \cdot 10^{-6}$	$+0.18 \cdot 10^8$	0.671	$0.4507 \cdot 10^{-4}$
20000	0.646	$5.3 \cdot 10^{-4}$	9620	19.67	$8.35 \cdot 10^{-6}$	$+0.41 \cdot 10^8$	0.292	$0.0853 \cdot 10^{-4}$

## VII.

## Philips B 406.

 $r_g = 2.41 \cdot 10^6 \Omega$ ;  $E_g = +2.0$  volt,  $E_a = 60.8$  volt.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
$r_a$	$e_g$	$S$	$R_{ia}$	$D$	$S_g$	$R_{ig}$	$D_g$	$\frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2}$	$\frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g \partial e_a}$	$\frac{\partial^2 i_g}{\partial e_a^2}$	$tg^2 \alpha$
$\Omega$	volt	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	amp volt $^{-2}$	amp volt $^{-2}$	amp volt $^{-2}$	
10000	0.65	$6.75 \cdot 10^{-4}$	8620	17.19	$8.05 \cdot 10^{-6}$	$-0.726 \cdot 10^8$	—	$+5.93 \cdot 10^{-5}$	$-7.30 \cdot 10^{-8}$	$+2.66 \cdot 10^{-10}$	$0.0193 \cdot 10^{-4}$
15000	0.64	$6.20 \cdot 10^{-4}$	10870	14.84	$8.15 \cdot 10^{-6}$	$+6.670 \cdot 10^8$	$+0.0184$	$+5.65 \cdot 10^{-5}$	$+2.50 \cdot 10^{-8}$	$+2.70 \cdot 10^{-10}$	$0.0032 \cdot 10^{-4}$
20000	0.62	$5.22 \cdot 10^{-4}$	10415	18.47	$7.27 \cdot 10^{-6}$	—	$-0.0756$	$+6.21 \cdot 10^{-5}$	$+5.11 \cdot 10^{-8}$	$+2.66 \cdot 10^{-10}$	$0.0571 \cdot 10^{-4}$

VIII.  
Tungram G 405.

$$E_g = +2.5 \text{ volt}, E_a = 61.4 \text{ volt.}$$

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
$r_g$	$r_a$	" $e_g$ "	" $e_a$ "	$S$	$R_{ia}$	$D$	$S_g$	$R_{ig}$	$D_g$	$\text{tg}^2\alpha$
$\Omega$	$\Omega$	volt	volt	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%	
0	1000	2.5	58.80	$5.6 \cdot 10^{-4}$	16700	10.69				0
	5000	2.5	49.80	$5.2 \cdot 10^{-4}$	16130	11.92				0
	10000	2.5	42.20	$4.25 \cdot 10^{-4}$	18870	12.46				0
	15500	2.5	36.20	$3.41 \cdot 10^{-4}$	18870	15.59				0
$0.460 \cdot 10^6$	1000	0.8520	59.08	$5.15 \cdot 10^{-4}$	18350	10.58	$10.38 \cdot 10^{-6}$	$1.760 \cdot 10^8$	0.0550	$0.0029 \cdot 10^{-4}$
	4000	0.8555	54.20	$4.67 \cdot 10^{-4}$	17690	12.11	$10.42 \cdot 10^{-6}$	$2.475 \cdot 10^8$	0.0388	$0.0013 \cdot 10^{-4}$
	13000	0.8605	46.20	$4.20 \cdot 10^{-4}$	20430	11.65	$10.22 \cdot 10^{-6}$	$1.251 \cdot 10^8$	0.0781	$0.0060 \cdot 10^{-4}$
	16000	0.8630	42.00	$4.00 \cdot 10^{-4}$	22120	11.30	$10.09 \cdot 10^{-6}$	$1.908 \cdot 10^8$	0.0519	$0.0035 \cdot 10^{-4}$
$0.838 \cdot 10^6$	1000	0.7168	59.55	$4.92 \cdot 10^{-4}$	19050	11.27	$8.679 \cdot 10^{-6}$	$2.299 \cdot 10^8$	0.0501	$0.0025 \cdot 10^{-4}$
	5000	0.7190	52.60	$4.02 \cdot 10^{-4}$	19320	12.89	$9.195 \cdot 10^{-6}$	$2.062 \cdot 10^8$	0.0527	$0.0027 \cdot 10^{-4}$
	9000	0.7205	48.30	$3.92 \cdot 10^{-4}$	20610	12.38	$8.136 \cdot 10^{-6}$	$1.252 \cdot 10^8$	0.0982	$0.0095 \cdot 10^{-4}$
	24500	0.7238	37.75	$4.01 \cdot 10^{-4}$	24700	10.09	$8.006 \cdot 10^{-6}$	$3.281 \cdot 10^8$	0.0381	$0.0013 \cdot 10^{-4}$
$2.703 \cdot 10^6$	1500	0.5190	58.7	$4.65 \cdot 10^{-4}$	18790	11.45	$5.220 \cdot 10^{-6}$	$1.984 \cdot 10^8$	0.0966	$0.0091 \cdot 10^{-4}$
	6000	0.5084	52.0	$5.02 \cdot 10^{-4}$	20080	9.92	$4.844 \cdot 10^{-6}$	$1.653 \cdot 10^8$	0.1249	$0.0156 \cdot 10^{-4}$
	11000	0.5017	46.8	$3.91 \cdot 10^{-4}$	19880	12.87	$4.569 \cdot 10^{-6}$	$2.500 \cdot 10^8$	0.0876	$0.0076 \cdot 10^{-4}$
	27000	0.4880	37.6	$3.36 \cdot 10^{-4}$	24170	12.30	$4.274 \cdot 10^{-6}$	$1.669 \cdot 10^8$	0.1402	$0.0196 \cdot 10^{-4}$

IX.

Tungsram G 405.

$$r_g = 0; E_a = 61.1 \text{ volt.}$$

$r_a$	$E_g$	1. « $e_g$ »	2. « $e_a$ »	3. $S$	4. $R_{ia}$	5. $D$	6. $\frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g^2}$ amp volt <sup>-2</sup>	7. $\frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a}$ amp volt <sup>-2</sup>	8. $\frac{\partial^2 i_a}{\partial e_a^2}$ amp volt <sup>-2</sup>	9. $\text{tg}^2 \alpha$
$\Omega$	volt	volt	volt	$\Omega^{-1}$	$\Omega$	%				
2000	— 1.5	— 1.5	58.71	$3.60 \cdot 10^{-4}$	24390	11.39	$1.65 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-6}$	$0.4 \cdot 10^{-6}$	0
	— 2.8	— 2.8	59.60	$2.35 \cdot 10^{-4}$	34010	12.51	$1.25 \cdot 10^{-4}$	$9.0 \cdot 10^{-6}$	$0.9 \cdot 10^{-6}$	0
7000	— 1.6	— 1.6	54.68	$3.40 \cdot 10^{-4}$	27090	10.86	$3.85 \cdot 10^{-4}$	$9.1 \cdot 10^{-6}$	$1.2 \cdot 10^{-6}$	0
	— 2.0	— 2.0	55.43	$2.90 \cdot 10^{-4}$	28210	12.22	$3.75 \cdot 10^{-4}$	$4.1 \cdot 10^{-6}$	$0.6 \cdot 10^{-6}$	0

Az elméleti rész 2. fejezetében (517. oldal) a dinamikus rács-karakterisztikát érintőjével közelítettük. Ha nem alkalmaztuk volna ezt a közelítést, akkor  $c_2$ -ben (26. képlet)  $\frac{\partial^2 i_g}{\partial c_a^2}$ -al arányos tag is szerepelne. Azonban a VII. táblázat 11. sz. oszlopából látható, hogy  $\frac{\partial^2 i_g}{\partial c_a^2}$  (még szorzójával is) elhanyagolható a másik kettő mellett. A VI., VIII., IX. táblázatok 9. sz. és a VII. táblázat 12. sz. oszlopaiból az is kitűnik, hogy  $\text{tg}^2 \alpha$  elhanyagolható az 1 mellett (II. 2., 518. oldal). Ezzel az elméleti részben alkalmazott közelítések jogosultsága be van bizonyítva.

Az V. és IX. táblázatok adataiból a (25) és (26) képletekbe való behelyettesítéssel számítottam ki  $c_1$  és  $c_2$ -t. Az V., VI., és VIII. táblázatok adataiból származó  $c_1$  értékeket a X., XI. és XIII. táblázatok, a VII. és IX. adataiból származó  $c_2$  értékeket a XII. és XIV. táblázatok tüntetik fel. A X., XI. és XIII. táblázatoknál  $c_2$  értéke mindenütt zérus, ezért itt  $c_2$  nincs külön feltüntetve.

$c_1$  és  $c_2$  számított értékeinek pontosságát a parciális kvóciensek meghatározásának a pontossága szabja meg. Az első anód-parciálisoknál 0.01 mA. leolvasási hiba mellett körülbelül 5—8 % relatív hiba, az első rácsparciálisoknál  $2 \cdot 10^{-8}$  A. leolvasási hiba mellett szintén körülbelül 5—8 % relatív hiba tételezhető fel. Az erősítési szorzóban 3 parciális kvóciens szerepel, tehát a valószínű relatív hiba 10—14 %-ra tehető. A második parciális kvócienseknél, mivel itt különbségek különbségei jönnek számításba, a helyzet még kedvezőtlenebb és ezért körülbelül 40—50 % relatív hiba várható az egyenirányítási szorzónál.

## 2. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kísérleti meghatározása.

### a) *A kísérleti berendezés.*

A Philips B 406 és Tungstam G 405 elektroncsöveket különböző külső anód- és rácsellenállások mellett használtam.  $r_a$  anódellenállást 1—50000  $\Omega$ -ig terjedő precíziós 5865 sz. Land & Seekabelwerke gyártmányú ellenállásszekrényből vettem.  $r_g$  rács-

X.

**Philips B 406.** $r_g = 0$ ;  $E_g = +2.5$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$
1000	-0.27
5000	-1.68
7500	-2.35
10000	-2.60
15000	-3.56
20000	-3.71

XI.

**Philips B 406.** $r_g = 2.41.10^6 \Omega$ ;  
 $E_g = +2.5$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$
1000	-0.028
5000	-0.139
10000	-0.153
15000	-0.176
20000	-0.163

XII.

**Philips B 406.** $r_g = 2.41.10^6 \Omega$ ;  
 $E_g = +2.0$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_2$ volt <sup>-1</sup>
10000	+0.0263
15000	+0.0297
20000	+0.0671

XIII.

**Tungsram G 405.** $E_g = +2.5$  volt,  $E_a = 61.4$  volt.

$r_g$ $\Omega$	$r_a$ $\Omega$	$c_1$	$r_g$ $\Omega$	$r_a$ $\Omega$	$c_1$
0.	1000	-0.528	0.838.10 <sup>6</sup>	1000	-0.0535
	5000	-1.987		5000	-0.2070
	10000	-2.777		9000	-0.3140
	15500	-4.509		24500	-0.6401
0.460.10 <sup>6</sup>	1000	-0.0935	2.703.10 <sup>6</sup>	1500	-0.0427
	4000	-0.2629		6000	-0.1645
	13000	-0.5853		11000	-0.2075
	16000	-0.6582		27000	-0.3417

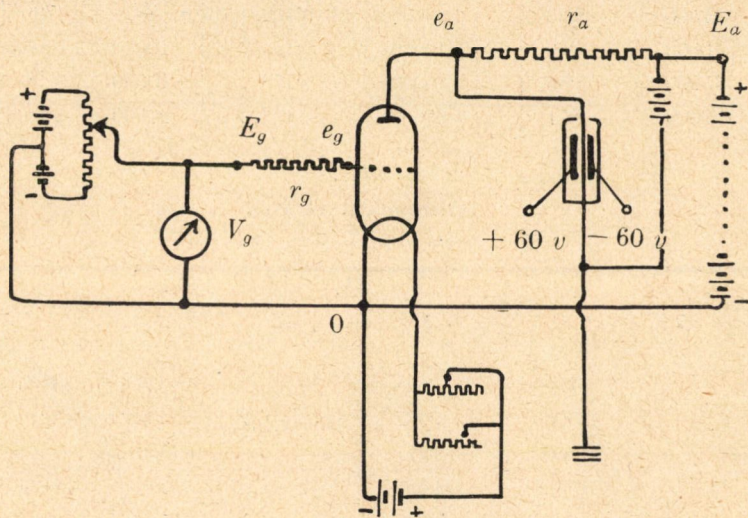
XIV.

**Tungsram G 405.** $r_g = 0$ ;  $E_a = 61.1$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$E_g$ volt	$c_2$ volt <sup>-1</sup>
2000	-1.5	-0.1477
	-2.8	-0.1148
7000	-1.6	-1.0318
	-2.0	-0.9803

ellenállásul Loewe gyártmányú vakuumban elhelyezett ellenállásokat (vakuumszilit) használtam, melyek nagyságát  $I_g$  és  $V_g$  eszközökkel Ohm törvénye alapján lemértem.

$c_1$  és  $c_2$  kísérleti meghatározása céljából meg kellett mérnem a különböző  $dE_g$  értékekhez tartozó  $de_a$  anódfeszültség-változásokat. A különböző  $dE_g$  értékeket egy feszültségelosztóról vettem le és a  $V_g$  voltmérővel (525. oldal) mértem le  $de_a$  lemerésénél komplikációt okozott az a körülmény, hogy egy nagy feszült-



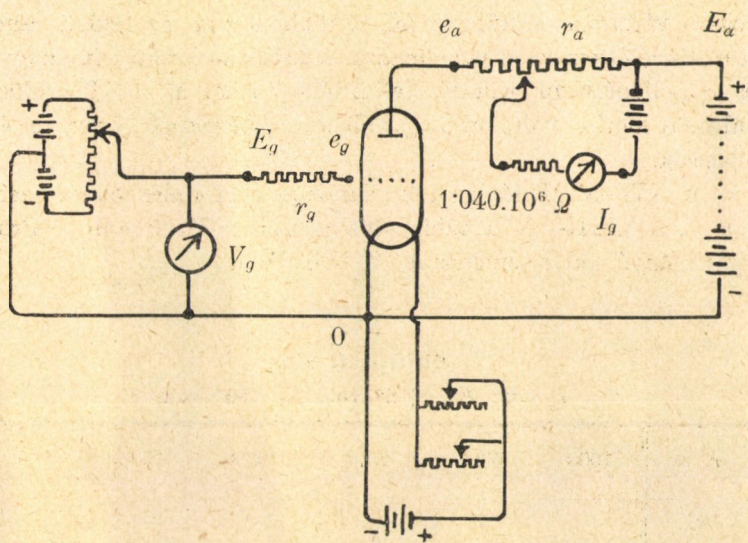
5. ábra.

ség ( $e_a$ ) apró megváltozását ( $de_a$ ) kellett pontosan megmérni. Az anóddenállásra jutó feszültségesést ( $E_a - e_a$ ) kompenzáltam, ezáltal a feszültségmérő eszköz mutatója (fonala)  $de_a = 0$ -nál körülbelül a skála 0-pontja körül helyezkedett el és érzékeny műszert használhattam. Kompenzálásra akkumulátorbatteriat használtam, melynek pozitív sarka az anódtelap pozitív sarkához, negatív sarka a feszültségmérő eszköz egyik kivezetéséhez volt kapcsolva (5. és 6. ábra). A feszültségmérő eszköz másik kivezetése az anóddenállás tetszésszerű leágazásához vezetett (6. ábra), melynek megfelelő kiválasztásával a kompenzálást még teljesebbé tudtam tenni; természetesen a feszültségesést átszámítottam az egész anóddenállásra.



Feszültségmérő eszközül sztatikus vagy nagyellenállású voltmérőt kellett használnom, mert különben magának az eszköznek a vezetőképessége megváltoztatta volna a kísérleti körülményeket (15. oldal). Méréseimnél a következő két feszültségmérő eszközt használtam.

a) Spindler & Hoyer cég által készített 413. sz. egyfonalas elektrométert, melyet  $\pm 60$  volt élfeszültséggel használtam, amikor is maximális érzékenysége körülbelül 0.02 volt/sk. r.-nek



6. ábra.

mutatkozott. Az elektrométer házát földeltem és minden új beállításnál kalibráltam a  $V_g$  voltmérővel (525. oldal).

$\beta$ ) Hartmann & Braun gyártmányú 1069 sz. galvanométert, ugyanazt, melyet  $i_g$  leérésére is használtam ( $I_g$ ). Belső ellenállása 10140  $\Omega$ . Ezt az eszközt  $1.040 \cdot 10^6 \Omega$  előtétellenállással (Loewe vakuum-szilit) használtam, ami által igen érzékeny, de nagy ellenállású voltmérőt nyertem, melynek vezetőképessége a anódeellenállás vezetőképessége mellett elhanyagolható volt. Az eszközt előtétellenállással együtt kalibráltam ugyanazon  $V_g$  voltmérővel, tehát a belső ellenállás és előtétellenállás pontos nagyságát nem is kellett ismernem.

A kapcsolásokat  $\alpha$ ) eszköznél az 5., a  $\beta$ ) eszköznél a 6. ábra mutatja.

b) *A kísérleti adatok és  $c_1$ ,  $c_2$  kiszámítása.*

Az előző fejezetben leírt berendezéssel nyert mérési eredményeket XV—XXI. táblázatok tüntetik fel. A Philips B 406 sz. elektroncsőre a XV—XVII. táblázatok, a Tungstram G 405 sz. elektroncsőre a XVIII—XXI. táblázatok vonatkoznak. A táblázatok baloldali szélső oszlopa az alkalmazott  $dE_g$  elektromotoros erő változásokat tünteti fel, a többi oszlop az észlelt anódfeszültségváltozásokat tartalmazza. A táblázatok fejlécein az anód- és rácsellenállások vannak feltüntetve. Ahol az anódfeszültségváltozás kisebb volt, ott nagyobb  $dE_g$  értékeknél végeztem észleléseket.

A XV—XVII. táblázatok adatait az egyfonalas elektrométerrel ( $\alpha$ ), a XVIII—XXI. táblázatok adatait a Hartmann & Braun gyártmányú galvanométerrel ( $\beta$ ) mértem le.

XV.

Philips B 406.

$$r_g = 0; E_g = +2.5 \text{ volt}, E_a = 60.8 \text{ volt.}$$

$r_a \Omega$	1000	5000	7500	10000	15000	20000
$dE_g$ volt	$de_a$ volt					
- 2.0					+6.9473	
-1.75					+6.0834	+7.4752
-1.5					+5.1334	+6.5501
-1.25					+4.3334	+5.4181
-1.0	+0.3336	+2.0681	+2.7455	+3.2148	+3.4834	+3.6415
-0.75			+1.9500	+2.4230	+2.5334	+2.2816
-0.5	+0.1670	+1.0166	+1.3429	+1.5000	+1.5834	+1.8081
-0.25			+0.6170	+0.6502	+0.7916	+1.1000
0	0	0	0	0	0	0
+0.25			-0.8000	-0.7437	-0.8715	-0.7848
+0.5	-0.1170	-1.0962	-1.5728	-1.5770	-1.7085	-1.7000



## XVI.

## Philips B 406.

$$r_g = 2.41 \cdot 10^6 \Omega; E_g = +2.5 \text{ volt}, E_a = 60.8 \text{ volt.}$$

$r_a \Omega$	1000	5000	10000	15000	20000
$dE_g$ volt	$de_a$ volt				
-2.0	+0.0833	+0.6955	+0.9285	+1.0000	+1.1668
-1.5	+0.0021	+0.2917	+0.4285	+0.4583	+0.5418
-1.0	+0.0021	+0.2083	+0.1429	+0.2917	+0.2916
-0.5		+0.1247	+0.0714	+0.1250	+0.1280
0	0	0	0	0	0
+0.5	-0.0021	-0.0833	-0.1545	-0.0833	-0.0832

## XVII.

## Philips B 406.

$$r_g = 2.41 \cdot 10^6 \Omega; E_g = +2.0 \text{ volt}, E_a = 60.8 \text{ volt.}$$

$r_a \Omega$	10000	15000	20000
$dE_g$ volt	$de_a$ volt		
-1.0	+0.3571	+0.3333	+0.4138
-0.5	+0.0715	+0.1666	+0.1636
0	0	0	0
+0.5	-0.0714	-0.1250	-0.1280
+1.0	-0.2259	-0.2083	-0.2112

## XVIII.

## Tungsram G 405.

$$E_g = +2.5 \text{ volt}, E_a = 61.4 \text{ volt.}$$

$r_g \Omega$	0	0.460.10 <sup>6</sup>		0.838.10 <sup>6</sup>		2.703.10 <sup>6</sup>	
$r_a \Omega$	1000	1000	4000	1000	1500	6000	11000
$dE_g$ volt	$de_a$ volt						
-1.0				+0.0684	+0.0573	+0.1932	+0.2478
-0.75		+0.0764	+0.2274	+0.0503	+0.0362	+0.1450	+0.1770
-0.5	+0.2818	+0.0503	+0.1469	+0.0301	+0.0242	+0.1014	+0.1151
-0.25	+0.1408	+0.0282	+0.0724	+0.0141	+0.0090	+0.0532	+0.0531
0	0	0	0	0	0	0	0
+0.25	-0.1408	-0.0342	-0.0724	-0.0121	-0.0092	-0.0313	-0.0531
+0.5	-0.2616	-0.0584	-0.1388	-0.0302	-0.0242	-0.0580	-0.1019

## XIX.

## Tungsram G 405.

$$r_g = 0; E_g = +2.5 \text{ volt}, E_a = 61.4 \text{ volt.}$$

$r_a \Omega$	5000	10000	15500
$dE_g$ volt	$de_a$ volt		
-0.4		+1.3118	
-0.3	+0.6414	+0.9578	
-0.2	+0.4225	+0.6600	
-0.15			+0.5955
-0.1	+0.2264	+0.3380	+0.3983
-0.05			+0.2072
0	0	0	0
+0.05			-0.2053
+0.1	--0.2138	-0.2978	-0.3944
+0.15			--0.5554
+0.2	--0.4125		
+0.25		-0.7444	
+0.3	-0.5860		

## XX.

## Tungsram G 405.

$$E_g = +2.5 \text{ volt}, \quad E_a = 61.4 \text{ volt.}$$

$r_g \Omega$	0.460.10 <sup>6</sup>		0.838.10 <sup>6</sup>			2.703.10 <sup>6</sup>
$r_a \Omega$	13000	16000	5000	9000	24500	27000
$dE_g$ volt	$de_a$ volt					
-1.0			+ 0.1943	+ 0.3822	+ 0.5693	+ 0.3721
-0.75			+ 0.1442	+ 0.2816	+ 0.4338	+ 0.2662
-0.5	+ 0.3164	+ 0.3513	+ 0.0938	+ 0.1810	+ 0.2908	+ 0.1712
-0.4	+ 0.2564	+ 0.2781	+ 0.0737	+ 0.1408	+ 0.2292	+ 0.1331
-0.3	+ 0.1936	+ 0.2049	+ 0.0603	+ 0.1026	+ 0.1774	+ 0.0977
-0.2	+ 0.1256	+ 0.1347	+ 0.0402	+ 0.0684	+ 0.1158	+ 0.0679
-0.1	+ 0.0654	+ 0.0644	+ 0.0233	+ 0.0321	+ 0.0566	+ 0.0354
0	0	0	0	0	0	0
+0.1	- 0.0576	- 0.0643	- 0.0235	- 0.0363	- 0.0543	- 0.0325
+0.2	- 0.1204	- 0.1375	- 0.0370	- 0.0745	- 0.1134	- 0.0625
+0.3	- 0.1752	- 0.2019	- 0.0537	- 0.1067	- 0.1677	- 0.0977
+0.4	- 0.2302	- 0.2604	- 0.0738	- 0.1389	- 0.2218	- 0.1222
+0.5	- 0.2877	- 0.3248	- 0.0940	- 0.1751	- 0.2712	- 0.1521

## XXI.

## Tungsram G 405.

$$r_g = 0; \quad E_a = 61.1 \text{ volt.}$$

$r_a \Omega$	2000		7000	
$E_g$ volt	-1.5	-2.8	-1.6	-2.0
$dE_g$ volt	$de_a$ volt			
-0.2	+ 0.1570	+ 0.0925	+ 0.3076	+ 0.3320
-0.1	+ 0.0805	+ 0.0483	+ 0.1737	+ 0.1851
0	0	0	0	0
+0.1	- 0.0965	- 0.0523	- 0.2042	- 0.1951
+0.2	- 0.1690	- 0.1107	- 0.4084	- 0.4204

A XV—XXI. táblázatok az adott  $dE_g$  változások esetében jelentkező  $de_a$  változásokat tüntetik fel.  $c_1$  és  $c_2$  között kvadrátos összefüggést tételezve fel:

$$de_a = c_1 dE_g + c_2 (dE_g)^2, \quad (1)$$

a GAUSS-féle hibanégyzetes eljárással kiszámítottam  $c_1$  és  $c_2$  erősítési és egyenirányítási szorzókat. A GAUSS-féle hibakiegyenlítési eljárással nyert  $c_1$  és  $c_2$  értékeket a Philips B 406 sz. elektroncsőnél a XXII. XXIII. és XXIV., a Tungram G 405 sz. elektroncsőnél a XXV., és XXVI. táblázatok mutatják.

## XXII.

## Philips B 406.

$r_g = 0$ ;  $E_g = +2.5$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$
1000	— 0.28
5000	— 2.03
7500	— 2.48
10000	— 2.60
15000	— 3.47
20000	— 3.64

## XXIII.

## Philips B 406.

$r_g = 2.41 \cdot 10^8 \Omega$ ;  
 $E_g = +2.5$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$
1000	— 0.034
5000	— 0.166
10000	— 0.143
15000	— 0.208
20000	— 0.141

## XXIV.

## Philips B 406.

$r_g = 2.41 \cdot 10 \Omega$ ;  
 $E_g = +2.0$  volt,  
 $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_2$ volt <sup>-1</sup>
10000	+ 0.0617
15000	+ 0.0637
20000	+ 0.0993

## XXV.

## Tungram G 405.

$E_g = +2.5$  volt,  $E_a = 61.4$  volt.

$r_g$ $\Omega$	$r_a$ $\Omega$	$c_1$	$r_g$ $\Omega$	$r_a$ $\Omega$	$c_1$
0	1000	— 0.563	$0.838 \cdot 10^8$	1000	— 0.0564
	5000	— 2.066		5000	— 0.1971
	10000	— 3.109		9000	— 0.3561
	15500	— 4.125		24500	— 0.5671
$0.460 \cdot 10^8$	1000	— 0.1138	$2.703 \cdot 10^8$	1500	— 0.0424
	4000	— 0.2776		6000	— 0.1690
	13000	— 0.5914		11000	— 0.2124
	16000	— 0.6704		27000	— 0.3257

## XXVI.

## Tungsram G 405.

$$r_g = 0; \quad E_a = 61.1 \text{ volt.}$$

$r_a$ $\Omega$	$E_g$ volt	$c_2$ volt <sup>-1</sup>
2000	— 1.5	— 0.1798
	— 2.8	— 0.2156
7000	— 1.6	— 1.2181
	— 2.0	— 1.0212

$dE_g$  beállításánál a leolvasási hiba 0.01 voltra becsülhető, ami  $dE_g = 0.5$  volt mellett (közepes érték) 2% relatív hibát jelent.  $de_a$  leolvasásánál az átlagos 50 sk. r. kitérés és 0.1 sk. r. leolvasási hiba figyelembe vételével körülbelül 0.2% a relatív hiba. A kísérleti eljárás mérési hibái tehát körülbelül 2—3%-ra tehetők.

A Hartmann & Braun-féle 1069. sz. galvanométer ( $I_g$  eszköz, 525. oldal) kalibrálási hibája kiesik, mert a képletekben domináló tag gyanánt  $r_g S_g$  szerepel;  $r_g$  és  $S_g$  meghatározását ugyanazon eszközzel végeztem, tehát a szorzathból a kalibrálási faktor hibája kiesik.

### 3. Az elmélet és a kísérlet eredményeinek összehasonlítása.

A XXVII—XXXIII. táblázatok összehasonlítás céljából egymás mellett tüntetik fel a különböző képletekkel számított és a kísérlet által nyert értékeket. A X—XI., XXII—XIII. adatait a XXVII., a XII. és XXIV. adatait a XXVIII., a XIII. és XXV. adatait a XXIX—XXXII., végül a XIV. és XXVI. táblázatok adatait a XXXIII. táblázatok foglalják össze.

## XXVII.

**Philips B 406.** $E_g = + 2.5$  volt,  $E_a = 60.8$  volt.

$r_g \ \Omega$	0			$2.41.10^6$		
$r_a$	$c_1$					
	A.	B.	C.	A.	B.	C.
$\Omega$	A.	B.	C.	A.	B.	C.
1000	— 0.27	— 0.27	— 0.28	— 0.54	— 0.028	— 0.034
5000	— 1.68	— 1.68	— 2.03	— 2.19	— 0.139	— 0.166
7500	— 2.35	— 2.35	— 2.48	—	—	—
10000	— 2.60	— 2.60	— 2.60	— 3.14	— 0.153	— 0.143
15000	— 3.56	— 3.56	— 3.47	— 3.69	— 0.176	— 0.208
20000	— 3.71	— 3.71	— 3.64	— 3.44	— 0.163	— 0.141

## XXVIII.

**Philips B 406.** $r_g = 2.41.10^6 \ \Omega$ ;  $E_g = + 2.0$  volt,  $E_a = 60.8$  volt.

$r_a$	$c_2$ volt <sup>-1</sup>			
$\Omega$	A.	B.	C.	D.
10000	142.9	7.01	0.0263	0.0617
15000	136.2	6.60	0.0297	0.0637
20000	142.4	8.08	0.0671	0.0993

## XXIX.

**Tungsram G 405.** $r_g = 0$ ;  $E_g = + 2.5$  volt,  $E_a = 61.4$  volt.

$r_a$	$c_1$		
$\Omega$	A.	B.	C.
1000	— 0.528	— 0.528	— 0.563
5000	— 1.987	— 1.987	— 2.066
10000	— 2.777	— 2.777	— 3.109
15000	— 4.509	— 4.509	— 4.125

## XXX.

## Tungsram G 405.

$r_g = 0.460 \cdot 10^8 \Omega$ ;  $E_g = + 2.5$  volt,  $E_a = 61.4$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$		
	A.	B.	C.
1000	— 0.540	— 0.0935	— 0.1138
4000	— 1.523	— 0.2629	— 0.2776
13000	— 3.337	— 0.5853	— 0.5914
16000	— 3.713	— 0.6582	— 0.6704

## XXXI.

## Tungsram G 405.

$r_g = 0.838 \cdot 10^8 \Omega$ ;  $E_g = + 2.5$  volt,  $E_a = 61.4$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$		
	A.	B.	C.
1000	— 0.4425	— 0.0535	— 0.0564
5000	— 1.5951	— 0.2070	— 0.1971
9000	— 2.4550	— 0.3140	— 0.3561
24500	— 4.9347	— 0.6401	— 0.5671

## XXXII.

## Tungsram G 405.

$r_g = 2.703 \cdot 10^8 \Omega$ ;  $E_g = + 2.5$  volt;  $E_a = 61.4$  volt.

$r_a$ $\Omega$	$c_1$		
	A.	B.	C.
1500	— 0.6459	— 0.0427	— 0.0424
6000	— 2.3190	— 0.1645	— 0.1690
11000	— 2.7703	— 0.2075	— 0.2124
27000	— 4.2888	— 0.3417	— 0.3257

## XXXIII.

## Tungsram G 405.

$$r_g = 0; \quad E_a = 61.1 \text{ volt.}$$

$r_a$ $\Omega$	$E_g$ volt	$c_2$ volt <sup>-1</sup>		
		A.	B.	C.
2000	— 1.5	— 0.0080	— 0.1477	— 0.1798
	— 2.8	0.0018	— 0.1148	— 0.2156
7000	— 1.6	— 0.028	— 1.0318	— 1.2181
	— 2.0	0.063	— 0.9803	— 1.0212

A XXVII; XXIX—XXXII. táblázatok az *erősítési szorzókra* vonatkoznak. A táblázatok *A)* rovata a (30) alatti speciális SCHOTTKY—BARKHAUSEN-féle <sup>1, 2, 3, 6</sup> képlettel számított erősítési szorzókat tartalmazza, a *B)* rovat az ezen dolgozatban levezetett (25) alatti új, általános képlettel számított  $c_1$ -adatokat mutatja, a *C)* rovat a kísérleti úton meghatározott értékeket adja. Ezen táblázatokból látható, hogy a kísérleti adatok a (25) alatti új képlet mellett döntenek.  $r_g = 0$ -nál a (25) képlet átmeny a (30) speciális formulába, ilyenkor a kísérlet szintén ezeket az értékeket adja. A *B)* rovat eltérése a *C)* rovattól középértékben 9.7%-ot tesz ki. A számítás és kísérlet hibáinak összege (536. és 545. oldal) 12—17% relatív hibát ad meg, a *B)* és *C)* rovatok egymástól való eltérése tehát nem haladja túl a várt relatív hibát.

A XXVIII. táblázat a *vicsegyenirányításra* vonatkozik. Az *A)* oszlop a régi, SCHOTTKY—BARKHAUSEN-féle  $c_2 = r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2}$  képlettel,<sup>3</sup> a *B)* oszlop a már javított GROENEVELD—POL—POSTHUMUS-féle  $c_2 = r_g \frac{\partial^2 i_g}{\partial e_g^2} \cdot \frac{1}{1 + r_g S_g}$  képlettel,<sup>8, 33</sup> a *C)* oszlop pedig az új (26) alatti képlettel számított egyenirányítási szorzót tartalmazza. A kísérleti adatok a *D)* rovatban vannak. A XXXIII. táblázat az *anódegyenirányításra* vonatkozik, az *A)* rovat a speciális  $c_2 = -r_g \frac{\partial^2 i_a}{\partial e_g \partial e_a}$  képlettel,<sup>7</sup> a *B)* rovat a (26) alatti



új képlettel számított és (1) oszlop a kísérlettel meghatározott értékeket tünteti fel. Bár a kísérleti nehézségek miatt (536. oldal) az eltérések elég nagyok, a mérési adatok mégis határozottan az ezen dolgozatban levezetett (26) képlet mellett szólnak.

*A számítás és kísérlet összehasonlítása tehát arra az eredményre vezet, hogy egyes speciális képletek gyakran előforduló esetekben a valóságtól nagyon eltérő adatokat szolgáltatnak, míg az itt levezetett (25) és (26) alatti általános képletek a tapasztalattal mindenkor megegyezésben vannak, tehát helyeseknek tekinthetők.*

#### IV. Összefoglalás.

Jelen dolgozat célja az erősítés és egyenirányítás egymáshoz való viszonyának a tisztázása és mindkettőnek általános, exakt tárgyalása. Községesen nem szokás a rácskör ellenállásának a befolyását figyelembe venni, pedig ez úgy az erősítésnél, mint az egyenirányításnál igen nagy lehet. Jelen meg gondolás érvényes akkor is, ha az erősítés mellett az anód- és rácsegyenirányítás egyszerre megy végbe. Tárgyalásunkat mindig az összefüggések *térbeli* grafikus ábrázolása kíséri, ami megkönnyíti az általános esetben fellépő viszonyok tárgyalását.

A bekapcsolt elektroncső üzemadatai bizonyos nyugalmi értékre állanak be. Amennyiben a rácskörben  $U_{r_g}$  hozzájáruló elektromotoros erő lép fel (például az érkező jel), akkor új nyugalmi értékre fognak beállani az üzemadatok. Az anódfeszültség megváltozását  $U_{r_g}$  hatványai szerint rendezve kapjuk, a lineáris tag szorzója az erősítési-, a kvadratikusság tag szorzója az egyenirányítási szorzó. A számítás közben célszerűnek mutatkozott a nyugalmi érték körüli környezetben a TAYLOR-sor által meghatározott általános kúpszeletek helyett a dinamikus anódkarakterisztikát görbületi körével, a dinamikus rácskarakterisztikát érintőjével megközelíteni. Az eredmény rendkívül nagy mértékben egyszerűsödött azáltal, hogy sikerült az egyenirányítási szorzóba bevinni az erősítési szorzót.

Az eredmény az erősítési és egyenirányítási szorzót adja az elektroncső és a külső körök jellemző adatainak segítségével. A nyert képletek megmutatják, hogy az egyenirányítási szorzó

függ az erősítési tényezőtől és megadja az összefüggést közöttük. Az erősítés és egyenirányítás általános esetben érvényes kifejezéseit kapjuk ((25) és (26) képletek), melyek mutatják, hogy a rácsellenállás befolyása nagy lehet. Látható továbbá, hogy az anód- és rácsirányítás additive tevődnek össze. A nyert képletek a régóta ismert speciális eseteket is megadják.

A dolgozat kísérleti része az elméleti részben levezetett formulák ellenőrzésével foglalkozik. Elsősorban az anód- és rács-karakterisztikamező pontos felmérésére volt szükség, melyekből a parciális differenciálkvóciensek ki voltak számíthatók. Az erősítés és egyenirányítás lemerésénél sztatikus, illetőleg igen nagy ellenállású műszer volt használatban. A kísérleti adatok a várt hibahatárokon belül jelentkező eltérésekkel a levezetett képletek mellett szólnak. Az itt használt megfontolások továbbszövése talán még más fogalmak tisztázására is vezethetne és további vizsgálatok tárgyát tehetné.

★

Az ebben a dolgozatban ismertetett kísérleteket a *Budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem Gyakorlati Fizikai Intézetében* végeztem. Ezen intézet igazgatója dr. RYBÁR ISTVÁN egyetemi ny. r. tanár úr legnagyobb szívesseggel helyiséget és eszközöket bocsátott rendelkezésemre és hathatós támogatásával lehetővé tette vizsgálataimat. Minden alkalommal megnyilvánuló jóakarátú segítségéért, meleg érdeklődéséért és becses tanácsaiért ezen a helyen is hálás köszönetet mondok. Úgyszintén őszinte köszönetemet nyilvánítom dr. CSÁSZÁR ELEMÉR egyetemi magántanár úrnak, aki munkámban szíves tanácsaival, eszközökkel sokszor és nagy mértékben segített.

## V. Irodalom.

- <sup>1</sup> H. BARKHAUSEN: Die Elektronenröhren. Leipzig, 1923. 86. oldal.
- <sup>2</sup> H. G. MÖLLER: Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. Braunschweig 1920. 38. oldal.
- <sup>3</sup> H. G. MÖLLER: Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendung. Braunschweig, 1920. 130. oldal.
- <sup>4</sup> H. G. MÖLLER: Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendungen. Braunschweig, 1920. 59. oldal.

- <sup>5</sup> J. ZENNECK und H. RUKOP: Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Stuttgart, 1925. V. Aufl. 550. oldal.
- <sup>6</sup> *Handbuch der Experimentalphysik*, Band 13. II. Teil.  
(W. SCHOTTKY, H. ROTHE und H. SIMON: Glühelektroden und technische Elektronenröhren.) 381. oldal.
- <sup>7</sup> *Handbuch der Experimentalphysik* Band 13. II. Teil.  
(W. SCHOTTKY, H. ROTHE und H. SIMON: Glühelektroden und technische Elektronenröhren.) 469. oldal.
- <sup>8</sup> *Handbuch der Experimentalphysik*, Band 13. II. Teil.  
(W. SCHOTTKY, H. ROTHE und H. SIMON: Glühelektroden und technische Elektronenröhren.) 474. oldal.
- <sup>9</sup> W. SCHOTTKY: Archiv für Elektrotechnik. 1919. 8. 1.
- <sup>10</sup> H. BARKHAUSEN: Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie. 1919. 14. 27.
- <sup>11</sup> „ „ „ „ „ 1920. 16. 82.
- <sup>12</sup> „ „ „ „ „ 1921. 18. 402.
- <sup>13</sup> M. LATOUR: The Electrician 1916. 80. 280.
- <sup>14</sup> „ „ Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie. 1917. 12. 288.
- <sup>15</sup> G. VALLAURI: L'Elettrotecnica. 1917.
- <sup>16</sup> „ „ Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, 1917. 12. 349.
- <sup>17</sup> „ „ The Electrician 1917. 80. 470.
- <sup>18</sup> H. W. NICHOLS: Physical Review. 1919. 13. 404.
- <sup>19</sup> H. RUKOP: Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie, 1919. 14. 110.
- <sup>20</sup> J. R. CARSON: Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1914. April 7.
- <sup>21</sup> J. R. CARSON: Proceedings of the Institute of Radio Engineers, 1921. 9. 243.
- <sup>22</sup> R. A. HEISING: Physical Review. 1920. 16. 216.
- <sup>23</sup> H. J. VAN DER BIJL: Physical Review. 1918. 12. 171.
- <sup>24</sup> „ „ „ „ „ Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1919. 7. 97.
- <sup>25</sup> L. S. PALMER: The Radio Review. 1921. 2. 465.
- <sup>26</sup> G. BREIT: Physical Review. 1920. 16. 387.
- <sup>27</sup> J. M. MILLER: Bureau of Standards. Scientific Paper. Nr. 351.
- <sup>28</sup> E. O. HULBERT & G. BREIT: Physical Review. 1921. 16. 274.
- <sup>29</sup> „ „ „ „ „ 1920. 16. 408.
- <sup>30</sup> H. M. FREEMAN: Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1925. 13. 611.
- <sup>31</sup> E. L. CHAFFEE & G. H. BROWNING: Proceedings of the Institute of Radio Engineers. 1927. 15. 113.
- <sup>32</sup> H. G. MÖLLER: Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie. 1919. 14. 326.
- <sup>33</sup> J. GROENEVELD: BALTH. v. d. POL jr. K. POSTHUMUS, Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie. 1927. 29. 139.

# EINE ALLGEMEINE BEHANDLUNG DER VERSTÄRKUNG UND DER GLEICHRICHTUNG DER ELEKTRONENRÖHREN.

Von NIKOLAUS VERMES, in Budapest.

Der Gitter- und Anodenstrom sind Funktionen der Gitter und Anodenspannung und lassen sich im dreidimensionalen Koordinatensystem durch Flächen darstellen. Eine Änderung der elektromotorischen Kraft im Gitterkreise bringt unter anderen auch eine Anodenspannungsänderung hervor. Mit Hilfe der räumlichen geometrischen Darstellung wird diese Anodenspannungsänderung als Funktion der Änderung der elektromotorischen Kraft im Gitterkreise berechnet, die Koeffizienten des linearen und des quadratischen Gliedes sind die Verstärkungs- und Gleichrichtungsfaktoren, deren Formeln bei (25) und (26) ausgedrückt sind. Meistens sind auch die Formeln (28) und (29) genau genug. Diese allgemeine Formeln der Verstärkung und der Gleichrichtung bilden das Hauptresultat dieser Abhandlung.

Im experimentellen Teil wurden diese Formeln durch Versuche kontrolliert. Zuerst wurden die Gitter- und Anodencharakteristikenfelder ausgemessen und daraus die Verstärkungs- und Gleichrichtungsfaktoren berechnet. Zweitens wurden diese Faktoren durch statische Messungen der Anodenspannungsänderungen ermittelt. Durch die Daten dieser Experimente sind die abgeleiteten allgemeinen Formeln bestätigt worden.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 3. Juni 1929.)

VERMES MIKLÓS: *Az elektroncsövek erősítésének és  
egyenirányításának általános tárgyalása.*

## TARTALOMJEGYZEK.

	Oldal
<b>I. Bevezetés</b> _ _ _ _ _	508
<b>II. Elméleti rész</b> _ _ _ _ _	509
1. Az elektroncső nyugalmi állapota _ _ _ _ _	509
2. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kiszámítása _ _ _	513
3. Az eredmény értelmezése _ _ _ _ _	521
<b>III. Kísérleti rész</b> _ _ _ _ _	524
1. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kiszámítása _ _ _	524
a) A karakterisztikamező felmérése _ _ _ _ _	524
b) A parciális kvóciensek és $c_1, c_2$ kiszámítása _ _ _ _	532
2. Az erősítési és egyenirányítási szorzó kísérleti meghatározása	536
a) A kísérleti berendezés _ _ _ _ _	536
b) A kísérleti adatok és $c_1, c_2$ kiszámítása _ _ _ _ _	540
2. Az elmélet és a kísérlet eredményeinek összehasonlítása _ _	545
<b>IV. Összefoglalás</b> _ _ _ _ _	549
<b>V. Irodalom</b> _ _ _ _ _	550

## A MEGMARADÁSI ELVEK INVARIÁNS FOGALMAZÁSA AZ ÁLTALÁNOS RELATIVITÁSI ELMÉLETBEN.

LÁNCZOS KORNÉL-tól (Berlin).

A speciális relativitási elméletben az impulzus és energia megmaradásának elve különösen praegnans fogalmazást nyert. A FARADAY—MAXWELL—LORENTZ-féle elektromágneses térelméletben a helyzet az volt, hogy az elektrodinamikát le lehetett származtatni, ha a tér minden egyes pontjában egy bizonyos elektromágneses feszültségi állapotot tételezünk fel, mely állapotot egy szimmetrikus tenzorral, az ú. n. «feszültségi tenzor»-ral jellemezhetünk. Azonban az impulzusmegváltozás és a hatóerő közötti NEWTON-féle összefüggést ott még hipotétikusan fel kellett tételni. A mozgási egyenlet jobb- és baloldala közötti organikus összefüggést a relativitási elmélet fedezte fel, megmutatván, hogy a mozgási törvény tulajdonképpeni gyökere abban a körülményben keresendő, hogy a feszültségi tenzort, hogy invariáns értelmezése legyen, új komponensekkel kell kiegészíteni, melyek a FARADAY—MAXWELL-féle feszültségi tenzort egy szimmetrikus négydimenziós tenzorrá bővítik ki. Ezek az új komponensek természetes módon szolgáltatják az impulzust és az energiát és a mozgási törvények abban találják invariáns megfogalmazásukat, hogy a kibővített feszültségi tenzor négy dimenzióban vett divergenciája eltűnik.

Eltekintve attól a mélyebb belátástól, melyet ezen az alapon az impulzusmegváltozás és a mozgatóerő közötti összefüggés belső természetét illetőleg nyertünk, egy másik nagyjelentőségű szintézis is nyilvánvalóvá lett azáltal, hogy impulzus és energia

egy szükségképpen összetartozó négydimenziós vektorra egyesültek.

A pontmechanikában a mozgási egyenletekből bizonyos «megmaradási elvek»-re lehet következtetni. Ezek ott mint a mozgási differenciálegyenletek intermediáris integráljai lépnek fel, zárt rendszerekre vonatkoztatva. Ide tartoznak főképpen az impulzus és energia megmaradási tételei, valamint a forgási momentumok megmaradási elve. Ha a térelméletben a mozgási egyenletek helyét bizonyos parciális differenciálegyenletek foglalják el, — ugyanis éppen a már említett divergenciaegyenlet — akkor felmerül a kérdés, vajon lehet-e itt is ezekből az egyenletekből olyan, az egész rendszerre jellemző következtetésekre jutni, melyek az említett integráltételek analógjait képeznék.

Ez megfelelő értelmezés mellett tényleg lehetséges.

Ha azt a vektoriális divergenciaegyenletet, mely a térelmélet felfogásában a dinamika alapját képezi, a (négydimenziós) térfogat elemmel szorozzuk és azután integrálunk, akkor a GAUSS-féle integráltranszformáció felhasználásával bizonyos tetszőszerinti zárt felületre vonatkozó felületi integrálok eltűnését mondhatjuk ki. (A «felület» szó itt a négydimenziós geometria nomenklatúrájában értendő.) Ha most ezeket a felületeket megfelelően helyezzük el, akkor ezek az integráltételek oly alakban jelentkeznek, hogy bizonyos az egész rendszerre kiterjedő térbeli integrálok értéke az idő folyamán változatlan marad. Tehát csakugyan: a térelméletben is lehet megmaradási tételeket felállítani és a közelebbi megtekintés mutatja, hogy ezek a tételek értelmük-nél fogva az összimpulzus és az energia megmaradását fejezik ki.

Az itt képzett integráloknak az a jellegzetes tulajdonságuk, hogy *vektori* természetűek, úgyhogy képzésük-nél lényegesen felhasználjuk a tér euklidesi jellegét, valamint a derékszögű koordináták alkalmazását. Ugyanis csak az euklidesi térben lehet vektoriális integrálokat képezni és ott is csak derékszögű koordináták felhasználása esetén. Az általános invariánselmélet szempontjából felmerül a kérdés, hogy vajon tetszőszerinti görbevonalú koordináták alkalmazása mellett miképpen kellene a kérdéses vektoriális jellegű tételeket fogalmazni. Még aktuálisabbá válik ennek a problémának felvetése az általános relativitás ese-

tében, ahol a derékszögű koordináták az ő kivételes jellegükkel nem is léteznek.

Ennek a kérdésnek teljesen kielégítő megoldása mindeddig nem létezett, dacára azoknak a felületi integráloknak, melyek már EINSTEIN legelső munkáiban szerepelnek és amiket mint megmaradási tételeket értelmezett.

Az EINSTEIN-féle metodus a következőképpen jellemezhető: A divergenciaegyenletnek az a tulajdonsága, hogy differenciálhányadosok összegére bomlik fel és így a GAUSS-féle integráltranszformáció alkalmazását közvetlenül megengedi; az általános relativitás esetében persze veszendőbe megy. Ha azonban tekintetbe vesszük a gravitációs téregyenleteket, melyek megadják az általános összefüggést az anyagi tenzor és a geometria között, úgy észrevesszük, hogy a fennmaradó, közvetlenül nem integrálható tagokat ismét sikerül teljes differenciálhányadosokká átalakítani és ezzel a GAUSS-féle tétel is ismét alkalmazhatóvá lesz.

Az itt vázolt eljárás azt a kellemetlen momentumot hozza magával, hogy az integrálok képzésénél olyan mennyiségeket kell bevezetni, mint a gravitációs térre jellemző feszültségi komponenseket, melyeknek semmiféle invariáns jelentőségük nincsen, hanem teljesen a használt koordinátáktól függenek, úgyhogy megfelelő koordináták mellett egy tetszésszerű pontban el is tűnethetők, — amire SCHRÖDINGER utalt rá. Ilyen mennyiségek bevezetése természetesen nem felel meg az elmélet szellemének, dacára EINSTEIN amaz ellenvetésének, hogy a *totális* integrál értéke független a használt koordinátáktól.

Egy másik nehézséget a következő körülményben látom: Az EINSTEIN-féle integrálokban *kétféle* mennyiségek szerepelnek. Egyrészt az anyagi tenzor, másrészt a metrikus fundaméntaltenzor. Ez a két tenzor nem független egymástól, hanem a téregyenletek által vannak összekapcsolva. Ha a téregyenleteket integrálni tudnánk, — és ez szukcessiv integrációval bizonyos fokig lehetséges is — akkor a metrikus tenzort vissza lehetne vezetni az anyagi tenzorra. Azonban akkor nyilvánvaló, hogy az EINSTEIN-féle integrálok nem olyan mennyiségeket kapcsolnak össze, melyek a rendszer *egy bizonyos* időpontjára jel-



lemzők, úgyhogy itt a megmaradási elvek egy nyilvánvalóan lényeges vonása veszendőbe megy.

A következőkben a megmaradási elvek egy új tárgyalási módját fogom megkísérelni, mely véleményem szerint az eddiginél kielégítőbb, mert egy teljesen szisztematikus úton és a mellett kovariáns alakban vezet el a kívánt eredményhez. A módszernek az az előnye is van, hogy az összes megmaradási elveket egy egységes nézőpontból szolgáltatja és felismerni engedi azoknak közös gyökerét.

A követett eljárást rövid összefoglalásban a következőképpen lehetne jellemezni. A megmaradási elvek lényegét abban látom, hogy a dinamika alapját képező téregyenletekből bizonyos integráltételeket lehet levezetni oly alakban, hogy a téregyenletek következtében bizonyos zárt határoló felületeken képzett integráloknak el kell tűnniök. Ez azt jelenti, hogy a határértékek között bizonyos szükségszerű összefüggések állanak fenn. Minden megmaradási tétel egy-egy ilyen összefüggéssel *aequivalens*. Ha tehát szisztematikusan akarunk eljárni, akkor a következő problémát vethetjük fel: Legyenek adva egy bizonyos zárt tartományban bizonyos parciális differenciálegyenletek. Léteznek-e akkor a téregyenletek alapján az ismeretleneknek a tartomány határán felvett értékei között szükségszerű összefüggések és ha igen, melyek azok?

Először a speciális relativitási elmélet esetében fogjuk a problémát tárgyalni, ahol a viszonyok különösen egyszerűek és átlátszóak, — a módszer kiterjesztése az általános relativitás esetére azután minden nehézség nélkül fog történhetni.

Nevezzük a szokásos jelöléssel a szimmetrikus négydimenziós anyagi tenzort  $T_{ik}$ -nak, és használjunk derékszögű koordinátákat. Akkor a «kovariáns» és «kontravariáns» megkülönböztetés még felesleges, de a következőkre való tekintettel helyezzük el az indexeket mindjárt úgy, ahogyan az nem-derékszögű koordináták esetében szükséges.

Az anyagi tenzorra érvényes fundamentális divergenciaegyenlet a következőképpen hangzik:

$$\frac{\partial T^{ia}}{\partial x^a} = 0. \quad (1)$$

(Egyforma indexek felett a szokásos megállapodás értelmében mindig szummálni kell.) Ha a  $dv$  térfogatelemmel szorozva integrálunk, akkor a GAUSS-féle integráltranszformáció értelmében nyilvánvalóan minden zárt (négy dimenzióban interpretált) felületre nézve a következő integráltételt kapjuk:

$$\int T^{ia} \nu_a df = 0; \quad (2)$$

( $df$  a felületelem,  $\nu_a$  a felületi normális.) Ebben a tételben fejeződik ki általános alakban az impulzus és az energia megmaradási elve, a nélkül, hogy itt még valamelyik koordináta a másikkal szemben ki volna tüntetve. A tulajdonképpeni «megmaradási» elvre akkor jutunk, ha a zárt felületet úgy képezzük, hogy az  $x_4 = \text{constans} = c_1$  és  $x_4 = \text{constans} = c_2$  síkokat a végtelenen keresztül zárjuk. Akkor, ha  $dV$  jelenti a rendes háromdimenziós térelemet, azt kapjuk, hogy:

$$\int T^{44} dV = \text{const.} \quad (3)$$

Azt pedig már a mozgási egyenlet (1) alatti alakja mutatja, hogy a  $T^{44}$ -mennyiségeket mint a térfogategységben foglalt impulzust és energiát kell felfognunk. A (3) egyenlet tehát valóban a totális impulzus, illetőleg energia időbeli állandóságát fejezi ki.

A (2) egyenlet lényegét abban láthatjuk, hogy az anyagi tenzor értékét valamely zárt felületen nem írhatjuk elő tetszés szerint, hanem a határértékek között a mozgási egyenletek következtében bizonyos integrális összefüggések állanak fenn. Ezt a tényállást az (1) egyenlet alapján könnyű belátni, mert ott a GAUSS-féle integráltranszformáció alkalmazása kézenfekvő. Ha ugyanaz az egyenletrendszer például valamilyen görbevonalú koordinátákban volna megadva, akkor esetleg igen nehéz volna megtalálni azt a transzformációt, mely az egyenletet eredeti alakjára vezeti vissza. Általános koordinátákban a divergencia-egyenlet alakja a következő:

$$\frac{1}{\sqrt{g}} \frac{d\sqrt{g} T^{ia}}{dx^a} = \frac{1}{2} \frac{dg_{a\beta}}{dx^i} T^{a\beta} = 0; \quad (4)$$

és itt a Gauss-féle tételt alkalmazni már nem lehet. Ezen nem is lehet csodálkozni. Hiszen egy vektormezőnek komponensek szerint való integrálása semmi értelemmel nem bírhat, ha nem derékszögű koordinátákról van szó. Egy vektoriális integrál tulajdonképpeni értelme az, hogy a vektorokat először mind egy pontba toljuk és ott összegezzük őket. Egy ilyen integráció egyenesvonalú koordináták alkalmazása mellett egybeesik a komponensek szerint való integrációval; görbevonalú koordináták esetében azonban már nem.

Itt tehát felmerül a következő probléma: Nem lehetne-e a (4) egyenlet esetében szisztematikusan eldönteni, hogy az egyenlet fennállása következtében léteznek-e összefüggések a  $T_{ik}$ -nak egy zárt határoló felületen felvett határértékei között a nélkül, hogy előbb megpróbálnánk egy koordinátatranszformációval az egyenletrendszer csupa differenciálhányadosok összegévé átalkotni.

Ennek a kérdésnek tényleg van egy egyszerű és klasszikus matematikai módszerrel kapcsolatos tárgyalási módja, mely kovariáns jellegénél fogva azzal az előnnyel is bír, hogy közvetlenül kiterjeszthető az általános relativitás analóg problémakörére is.

Ha valamely skaláris differenciálegyenletnél az a kérdés merül fel, hogy vajjon a differenciálegyenlet fennállása következtében van-e a határértékek között szükségszerű reláció vagy nem, akkor ezen kérdés eldöntése attól függ, hogy az úgynevezett «adjungált differenciálegyenlet» hogyan viselkedik. Így például a LAPLACE-féle

$$\Delta u = 0 \quad (5)$$

egyenletnél az  $u$  függvény határértékeit tetszés szerint lehet előírni, mert az adjungált differenciálegyenletnek (mely ez esetben az eredetivel azonos) nincsen olyan 0-tól különböző megoldása, mely a határon eltűnne. Ezzel szemben például a normális-szerinti differenciálhányadosot nem szabad mindenütt tetszés szerint előírni, hanem kell hogy legyen:

$$\int \frac{\partial u}{\partial \nu} df = 0; \quad (6)$$

(inkompressibilis folyadék «megmaradási» elve a hydrodinamikában, ha  $u$  az áramlási sebesség), mert a  $\Delta\varphi = 0$  egyenletnek van egy olyan megoldása, melynél a normálisszerinti differenciálhányados a határon mindenütt eltűnik, t. i.  $\varphi = \text{const.}$

Az adjungált differenciálegyenletnek ilyen vonatkozásban való fellépése egy igen általános módszer következménye, mely az egyenletek számával, az egyenletrendszer többé-kevésbé determinált voltával nincsen összefüggésben, úgyhogy változatlanul alkalmazható olyan esetekben is, mikor a rendszer determinációja nem normális, mint például a jelen problémánknál, mikor az ismeretlen egy tenzort képez, míg az egyenlet, melynek alá van vetve, csupán vektoriális jelleggel bír. Ez a módszer abból áll, hogy a szóban forgó problémát egy más, egyszerűbb és matematikailag jól tanulmányozott kérdésre vezetjük vissza, ugyanis arra a kérdésre, hogy vajjon egy lineáris egyenletrendszerrel a rendszer tagjai függetlenek-e egymástól vagy nem; más szóval: tartalmaz-e egy lineáris egyenletrendszer belső összefüggéseket, és ha igen, hogyan találhatjuk meg azokat. Ez a módszer pedig azért válik alkalmazhatóvá, mert minden lineáris differenciálegyenletet límesben helyettesíthetünk egy közösleges lineáris egyenletrendszerrel (igen sok ismeretlennel), ha a kontinuumot egy elég sűrű diszkrét pontsokasággal, a differenciálhányadosokat különbségi hányadosokkal helyettesítjük.

Egy lineáris egyenletrendszer jobboldalát csak akkor nem írhatjuk tetszés szerint elő, ha a baloldalra nézve *identikus* relációk állanak fenn. Ezeket az identikus relációkat a következő úton lehet megtalálni. Szorozzuk meg minden egyes egyenletet egy-egy határozatlan tényezővel és összegezzük az összes egyenleteket. Ha sikerül egy 0-tól különböző olyan tényezőrendszert találni, melynél a baloldalakból adódó összeg *identikusan* (tehát az ismeretlenek *tetszésszerű* értékénél) eltűnik, akkor az egyenletrendszer tartalmaz belső összefüggéseket. Ez esetben ugyanez a tényezőrendszer a jobboldalra alkalmazva egy összefüggést szolgáltat, melynek az előírt értékek kell hogy eleget tegyenek. Lehetséges, hogy többféle, egymástól különböző tényezőrendszert is találunk. Minden ilyen megoldásnak egy-egy feltétel felel meg, melynek a jobboldal alá van vetve és megfordítva: ha

létezik egy ilyen feltétel, akkor annak ezen az úton okvetlenül ki kell derülnie, mert akkor létezik egy identitás is.

Alkalmazzuk ezt a meggondolást a bennünket jelenleg érdeklő problémára, szóról-szóra követve az imént vázolt eljárást. A határozatlan tényező a jelen esetben nyilvánvalóan egy *vektor* lesz, minthogy egyenletünknek vektoriális jellege van. Az összegezés most kétfélet jelent. Egyrészt a négy egyenletnek (a tényezővel való szorzás után végzett) tényleges összeadását, másrészt egy az egész tekintetbe vett tartományra kiterjedő integrációt.

Ha a határozatlan tényezőt  $V_i$ -val jelöljük, akkor ily módon az egyenlet (1) alatti alakjából indulva ki, a következő *skaláris* integrálhoz jutunk:

$$\int V_i \frac{dT^{\alpha}}{dx_{\alpha}} dv. \quad (7)$$

A kiindulásul vett egyenlet ugyan közvetlenül csak derékszögű koordinátákra vonatkozik. Azonban általános görbevonalú koordináták esetében sem változik meg semmi, ha csak megállapodunk abban — és ez a kikötés maradjon érvényben a dolgozat egész későbbi folyamán — hogy a „ $\frac{\partial}{\partial x_i}$ » operáció ne a közön-séges, hanem a *kovariáns* differenciációt jelentse.

Most a (7) integrált egy parciális integrációval úgy alakítjuk át, hogy a  $T_{ik}$  tenzor — mely problémánkban az «ismeretlent» képviseli — ne szerepeljen a differenciálhányados alatt:

$$\int V_{\beta} \frac{\partial T^{\beta\alpha}}{\partial x_{\alpha}} dv = \int V_{\beta} T^{\beta\alpha} \nu_{\alpha} df - \int \frac{\partial V_{\beta}}{\partial x_{\alpha}} T^{\beta\alpha} dv. \quad (8)$$

Minthogy a keresett összefüggésnek egy *identitásnak* kell lennie, mely az ismeretlenek minden értékénél érvényes, tehát a jobb-oldali térfogati integrálnak el kell tűnnie a  $T_{ik}$ -nak a tartományban felvett tetszésszerű értékei mellett. Ebből kifolyólag a  $V_i$  határozatlan tényezőre nézve most a következő determináló egyenletet kapjuk:

$$\frac{\partial V_i}{\partial x_k} = 0. \quad (9)$$

Ha találunk olyan 0-tól különböző  $V_i$  vektort, mely ezt az egyenletet kielégíti, akkor ezen vektor létezése a  $T_{ik}$  határértékei között fennálló következő összefüggést vonja maga után:

$$\int V_i T^{\beta\alpha} v_\alpha df = 0. \quad (10)$$

A (9) egyenletet tekinthetjük az adott rendszerhez «adjungált» differenciálegyenletnek. Ennek az adjungált differenciálegyenletnek megoldhatósága dönt a felett, hogy léteznek-e «megmaradási tételek» — a  $T_{ik}$ -nak valamely zárt felületen felvett határértékei közötti integrális összefüggések alakjában, — vagy nem.

A jelen esetben az adjungált differenciálegyenlet erősen *felül* van determinálva. Hiszen egy vektorra nézve egy tenzori követelést kell felállítanunk. Ez természetes következménye ama körülménynek, hogy a kiindulási egyenlet erősen *alul* determinált (egy tenzorra nézve egy vektori követelés). Már pedig az nyilvánvaló, hogy egy egyenletrendszerben belső összefüggések annál kevésbé fognak felmerülni, minél több szabad változót tartalmaz a rendszer. Az a dualitás, amely az adott rendszer és annak adjungáltja között jelentkezik determináltság szempontjából, ezt a tényállást igen plauzibilis módon fejezi ki.

A (9) alatti egyenlet szempontjából érdekes módon nyilvánul meg a tér euklidesi vagy nem-euklidesi volta. Az egyenlet azt a követelést tartalmazza, hogy egy vektor összes kovariáns differenciálhányadosai eltűnjenek. Ennek a szimultán-rendszernek integrabilitási feltételei a következők:

$$\frac{\partial^2 V_i}{\partial x_j \partial x_k} - \frac{\partial^2 V_i}{\partial x_k \partial x_j} - R^a{}_{ijk} V_a = 0. \quad (11)$$

Ezek a feltételek egy RIEMANN-féle térben általában *nem* teljesíthetők 0-tól különböző  $V_i$ -re nézve. Hiszen a (9) egyenlet egy konstans vektor követelését tartalmazza és tudvalevőleg az euklidesi tér éppen azáltal van kitüntetve más terekkel szemben, hogy ott egy ilyen vektor — még pedig tetszésszerű irányban — létezik. (Ott ugyanis az  $R^a{}_{ijk}$  görbületi tenzor minden pontban eltűnik.)

Így tehát arra az érdekes eredményre jutunk, hogy a felü-

leti integrálok létezése lényegesen összefügg a tér euklidesi jellegével. Egy általános RIEMANN-féle térben a  $T_{ik}$  tenzor divergencia-mentessége egy olyan egyenletrendszer alakjában nyer kifejezést, mely *nem* tartalmaz belső összefüggéseket, úgyhogy ott felületi elveket felállítani nem lehet. (Míg ezzel szemben egy *vektor* divergencia-mentessége mindig szolgáltat egy felületi integrált, a RIEMANN-féle térben is.)

Euklidesi tér esetén a (9) egyenletnek négy dimenzió mellett négy egymástól független megoldása van, négy konstans vektor alakjában, melyeket egymásra merőlegesen vehetünk fel. E szérint négy megmaradási tételt kapunk, melyek egyenként, egymástól függetlenül egy-egy *skaláris* integrál alakjában jelentkeznek, összességükben azonban — derékszögű koordináták használata esetén — nyilvánvalóan aequivalensek a (2) alatti vektoriális egyenlettel.

Mindeddig nem használtuk még ki az anyagi tenzornak ama lényeges tulajdonságát, hogy egy *szimmetrikus* tenzor. Ezáltal nem 16, hanem csak 10 egymástól független mennyiség áll rendelkezésünkre. Ennek figyelembevételével a (8) egyenlet jobboldalán a térintegrálban két-két tagot összefoglalhatunk, úgyhogy a szorzó vektorra nézve a (9) egyenlet helyett az annál *kevesebbet* követelő:

$$\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} = 0 \quad (12)$$

egyenletre jutunk, ami csak 10 egyenletet jelent 16 helyett. Az integrabilitási feltételek most nem nyerhetők olyan egyszerűen, mint az előbbi esetben, mert egyszeri differenciációval még nem érünk célhoz. Azonban itt is érvényes az, hogy a RIEMANN-féle tér általános tulajdonságaival az integrabilitási feltételek nem egyeztetethetők össze, úgyhogy ennek a rendszernek sincsen általában 0-tól különböző megoldása.

Az euklidesi térben a (12) egyenletnek a már tekintett konstans vektoron kívül még egy másjellegű megoldása van. Használjunk derékszögű koordinátákat és legyen egy bizonyos indexpárra:  $i, k$ -ra nézve:

$$V_i = x_k, \quad V_k = -x_i, \quad (13)$$

míg a többi komponens 0 legyen. Ez egy megoldása a (12) egyenletnek és összesen hat ilyen egymástól független megoldási típus létezik. Ha hozzávesszük a már előbb talált megoldásokat abban az alakban, hogy egy bizonyos

$$V_i = \text{const.}, \quad (14)$$

a többi komponens = 0, akkor ezzel — mint könnyű megmutatni, — megkaptuk már az egyenletrendszer általános megoldását, mert minden más megoldás csupán ezeknek lineáris kombinációja.

Tehát a speciális relativitás esetében a már tekintett négy felületi integrált, mely a (2) egyenletben nyert kifejezést, még újabb hat integrálttel egészíthetjük ki, egyéb integráltételek pedig nem léteznek:

$$\int (x_k T^{ia} - x_i T^{ka}) v_a df = 0. \quad (15)$$

Ezen tételeknek megfelelően, ha a határoló felületet megint az előbbi módon specializáljuk, a (3) egyenletek a következő újabb megmaradási elvekkel egészülnek ki:

$$\int (x_k T^{ik} - x_i T^{kk}) dV = \text{const.} \quad (16)$$

Fizikai interpretáció szempontjából ezek az új tételek két csoportba esnek szét, a szerint, amint  $i$  és  $k$  mind a ketten térszerű indexeket jelentenek-e vagy pedig az egyik közülük az időkoordinátára vonatkozik. Az első csoport a *forgási momentumok megmaradási elvét* szolgáltatja.

A még fennmaradó második csoportnak a dinamika szempontjából különös fontossága van. A (16) egyenlet akkor így írható:

$$\int x_i T^{44} dV = x_i \int T^{44} dV + \text{const.} \quad (17)$$

Vezessük be a rendszer «súlypontját» a következő definícióval:

$$\xi_i \int T^{44} dV = \int x_i T^{44} dV \quad (18)$$



és vegyük figyelembe, hogy egyrészt az energia megmaradásának elve következtében:

$$\int T^{44} dV = \text{const} = M \quad (19)$$

a rendszer «tömeg»-ét adja, másrészt az impulzus megmaradási elve következtében

$$\int T^{i4} dV = \text{const} = A_i, \quad (20)$$

úgyhogy a (17) egyenlet a következő alakot veszi fel:

$$M\dot{x}_i = A_i x_4 + B_i. \quad (21)$$

Ez az egyenlet nem más, mint a «súlypont elve», és azt fejezi ki, hogy a rendszer súlypontja egyenletes egyenesvonalú mozgást végez.

A mechanikában a súlypont elve már következménye az impulzus megmaradási elvének. Ott azonban az impulzust a priori a sebességgel hozzuk kapcsolatba, a NEWTON-féle definíció alapján. Azonban például az elektromágneses mezőben az impulzust már nem lehet ilyen módon specializálni. A súlypont elve, mely a (21) egyenletben nyer kifejezést, az általános térdinamikában mint *önálló elv* jelentkezik, az impulzusra vonatkozó minden specializáló feltevés nélkül, pusztán az anyagi tenzor *szimmetrikus* voltának következményeként. (Az impulzus és energia megmaradási elvei ezzel szemben egy nem szimmetrikus tenzor esetében is érvényben maradnának, anélkül, hogy a súlypont elvére következtetni lehetne.) Ha valamely testről csak annyit tudunk, hogy bizonyos kis térfogatra koncentrálódik, — szóval az anyagi tenzor ezen térfogaton kívül eltűnik, — akkor ebből a tényből már következik a testnek egyenletes egyenesvonalú mozgása a GALILEI-féle tehetetlenségi törvénynek megfelelően, a nélkül, hogy az anyagi tenzor eloszlásáról bármit is tudnunk kellene. Ez a fontos megismerés EINSTEIN-től származik.

A speciális relativitási elméletben az anyagi tenzor divergencia-mentessége axiomatikus jelleggel bír. Egészen más a helyzet az általános relativitási elméletben, ahol ez az egyenlet mint matematikai identitás, a téregyenletek szükségszerű kö-

vetkezményeként jelentkeznek. Ha már most ezen egyenlet elegendő alap arra, hogy belőle megmaradási elveket, sőt végeredményben mozgási egyenleteket lehessen lezármasztani, akkor jogosultnak látszik EINSTEIN ama felfogása, hogy a dinamika a relativitási elmélet keretén belül más szerepet játszik, mint az a ldigi klasszikus téreleméletekben. A klasszikus elméletben a mozgási elvek a téregyenletektől többé-kevésbé függetlenül, mint önálló hipotézisek a téregyenletek kiegészítésekként jelentkeznek. Itt azonban az a helyzet, hogy a téregyenletekben már a mozgási elvek is implicite benne foglaltatnak, úgyhogy itt egy külön dinamika felépítése nem szükséges, sőt nem is lehetséges. Ez a szintézis nyilvánvalóan egy nagy érdem és egy mélyreható dualizmus megszüntetését jelenti.

Azonban eme felfogás látszólag ellenmondásban van az imént vázolt gondolatmenettel. Hiszen mondtuk, hogy egy szimmetrikus tenzor divergencia-mentessége csak az *euklidesi* tér esetében vezet felületi integrálokhoz — és ezzel megmaradási elvekhez és mozgási egyenletekhez — az általános relativitás RIEMANN-féle terében az analóg integrálok nem léteznek.

A valóságban a probléma nem ilyen egyszerű. Az anyagi tenzort nem lehet úgy tekinteni, hogy adva van egy bizonyos geometria és abban egy szimmetrikus tenzor, melyről tudjuk, hogy a divergenciája 0. Az anyagi tenzor és a geometria nem függetlenek egymástól, hanem a helyzet az, hogy az anyagi tenzor minden megváltozása megváltoztatja egyúttal a geometriát is. Minthogy azonban a téregyenletek, melyek az anyagi tenzort és a metrikus alaptensort összekapcsolják, igen bonyolultak és főképpen nem lineárisak, az a benyomásunk keletkezhet hogy az eddigi tárgyalási alapon a probléma egyáltalán megoldhatatlan.

Szerencsére azonban a tényállás nem ennyire reménytelen. Ugyanis, ha valamely anyagi pont (vagy rendszer) egy külső erő hatása alatt mozgásba jön, akkor praktice mindig az a helyzet, hogy a külső teret a már meglévő saját térhez képest *gyengének* tekinthetjük. Akkor azonban a külső teret «adiabatikusan» lehet előidézni, úgy értelmezve ezt, hogy a külső térerősséget egy  $\varepsilon$  faktorial látjuk el és azután ezt a faktort mint egy folytonos parametert tekintjük, mely 0-tól fokozatosan egy bizonyos

értékig növekszik. Tehát kiindulunk egy *adott* térből, melyben az anyag egy bizonyos állapotban — például egyensúlyban — legyen. Most kérdezzük, milyen változás áll be a külső tér adiabatikus keletkeztetése mellett. Itt most nyilvánvalóan egy háborgási problémával van dolgunk, mely (elégg kicsiny  $\varepsilon$  mellett) kielégítő pontossággal mindig lineáris természetű, még ha a kiindulásul szolgáló egyenletek nem-lineárisak is.

Ebben a felfogásban tehát most már nem az anyagi tenzorra vonatkozó divergenciaegyenletet magát kell a tárgyalás alapjául venni, mint azt eddig tettük, hanem ezen egyenlet végtelen gyenge «variáció»-ját, mely előáll, ha az anyagi tenzort valami módon végtelen kevéssé deformáljuk.<sup>1</sup> Ha a geometria és az anyagi tenzor egymástól függetlenek volnának, akkor a deformációra megint csak az előbbi divergenciaegyenletet kapnók. Így azonban figyelembe kell vennünk, hogy a  $T_{ik}$ -mennyiségek megváltozásával a  $g_{ik}$ -mennyiségek — a metrikus alaptenzor komponensei — is megváltoznak. Jelöljük a  $g_{ik}$  végtelen gyenge megváltozását  $\gamma_{ik}$ -val, továbbá a RIEMANN - EINSTEIN-féle  $R_{ik}$  görbületi tenzor megváltozását  $\varrho_{ik}$ -val. Ezen  $\varrho_{ik}$ -ra nézve a következő divergenciaegyenlet áll fenn:<sup>2</sup>

$$\frac{\partial(\varrho_i^\alpha - \frac{1}{2}\varrho\delta_i^\alpha)}{\partial x_\alpha} = P_{i\alpha\beta}\gamma^{\alpha\beta}, \quad (22)$$

ahol  $P_{i\alpha\beta}$  a következő harmadrendű tenzort jelenti:

$$P_{i\alpha\beta} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial R_{i\alpha}}{\partial x_\beta} + \frac{\partial R_{i\beta}}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial R_{\alpha\beta}}{\partial x_i} \right). \quad (23)$$

A jobboldal fellépése igen jellegzetes. Ezek a tagok eltűnnek oly helyeken, ahol az anyagi tenzor eltűnik (mert ott a

<sup>1</sup> Egy adott gravitációs tér végtelen gyenge deformációjával foglalkoztam egy munkában, mely a «Zeitschrift für Physik» 31. kötetében (1925) jelent meg, p. 112–132, a következő címen: «Zum Problem der unendlich schwachen Felder in der EINSTEIN'schen Gravitationstheorie». Ezen munka eredményei a következőre nézve fontossággal bírnak és itt fel vannak használva.

<sup>2</sup> L. az idézett munka (25) egyenletét, p. 118. A koordinátarendszer variációja felett természetes módon rendelkezünk, amennyiben a  $\chi_i$  infinitesimális vektort zérussá tesszük.

$P_{\alpha\beta}$  tenzor  $= 0$ ), egyébként azonban nem. Minthogy a  $\gamma_{ik}$  és a  $\varrho_{ik}$ -mennyiségek között lineáris differenciálegyenletek állanak fenn, melyek integráció útján lehetségessé teszik, hogy adott  $\varrho_{ik}$  esetében a  $\gamma_{ik}$ -kat kiszámítsuk, tehát látjuk, hogy itt a  $\varrho_{ik}$ -ra nézve nem egy egyszerű differenciálegyenlettel, hanem egy «integro-differenciálegyenlet»-tel van dolgunk.

Bár ez tárgyalásunk számára egy bizonyos komplikációt jelent, a közelebbi megtekintés azt mutatja, hogy az előbb követett általános módszer határintegrálok feltalálására most is változatlanul alkalmazásban maradhat. Ugyanis egyidejűleg azzal, hogy a kontinuumot egy pontsokasággá bontjuk fel és a differenciálhányadosokat a különbségi hányadosokkal pótoljuk, egyúttal az integrálok helyébe a megfelelő *összegeket* tehetjük. Akkor azonban, mint észrevesszük, végeredményben megint csak egy sokváltozós lineáris egyenletrendszerrel állunk szemben, melyre az általános eljárás változatlanul átvihető.

A  $\gamma_{ik}$  és a  $\varrho_{ik}$  tenzorok között a következő téregyenletek állanak fenn:<sup>1</sup>

$$J\gamma_{ik} + R_i^\alpha \gamma_{ak} + R_k^\alpha \gamma_{ai} - 2R_{iak\beta} \gamma^{\alpha\beta} = 2\varrho_{ik}. \quad (24)$$

Egy ilyen tenzori differenciálegyenletet (mint az idézett munkában bővebben kifejtettem), egy «GREEN-féle tenzor» segítségével lehet megoldani, a következő alakban:

$$\gamma_{ik}(s) = \int \varrho^{\mu\nu}(\sigma) K_{\mu\nu}(\sigma, s)_{ik} d\sigma. \quad (25)$$

(A jelölések megfelelnek az integrálegyenletek elméletéből ismeretes módnak.) Ha ezt az integrált bevezetjük a (22) egyenletbe, azután megint alkalmazzuk a szorzó vektort és ismét teljesen az előbb követett séma szerint járunk el, akkor most a következőt találjuk.

Az a felületi elv, mely adódik, ha a  $V_i$  szorzóvektor egyáltalán létezik, a következő:

$$\int V^i (\varrho_i^\alpha - \frac{1}{2} \varrho \partial_i^\alpha) \nu_\alpha dV = 0. \quad (26)$$

<sup>1</sup> l. c. p. 117, (16) alatti egyenlet.

Továbbá a  $V_i$  vektort determináló egyenlet szempontjából a (22) egyenlet *baloldala* a következő térintegrált szolgáltatja (a parciális integráció elvégzése után):

$$-\int (\varrho_i^a - \frac{1}{2} \varrho \delta_i^a) \frac{\partial V_i}{\partial x_a} dv. \quad (27)$$

Ez mindeddig még egészen a már előbb tárgyalt mederben folyt le. Mint új momentum az egyenlet *jobboldala* lép fel, ahol a következő kettős integrál keletkezik:

$$\iint P_i^{\mu\nu}(s) V_i(s) \varrho^{a\beta}(\sigma) K_{a\beta}(\sigma, s)_{\mu\nu} ds d\sigma. \quad (28)$$

Itt azonban  $s$  és  $\sigma$  fel is cserélhetők, mert mind a kettő felett integrálni kell:

$$= \iint P_i^{\mu\nu}(\sigma) V_i(\sigma) \varrho^{a\beta}(s) K_{a\beta}(s, \sigma)_{\mu\nu} ds d\sigma. \quad (28a)$$

Vezessük be a következő jelölést:

$$w_{ik}(s) = \int P_a^{\mu\nu}(\sigma) V^a(\sigma) K_{ik}(s, \sigma)_{\mu\nu} d\sigma. \quad (29)$$

Akkor a jobboldal a következő egyszerű integrál alakjában jelentkezik:

$$\int \varrho^{a\beta} w_{a\beta} dv. \quad (30)$$

Átvíve ezt a baloldalra, a teljes térintegrál már most a következő lesz:

$$-\int \varrho^{a\beta} \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{\partial V_a}{\partial x_\beta} + \frac{\partial V_\beta}{\partial x_a} \right) - \frac{1}{2} \frac{\partial V^\sigma}{\partial x_a} g_{a\beta} + w_{a\beta} \right] dv. \quad (31)$$

Az előbbi gondolatmenetnek megfelelően most is a térintegrálnak *identikus* eltűnését kell követelnünk, tetszésszerűen  $\varrho^{a\beta}$  mellett.

E szerint most a  $V_i$  szorzófaktorra nézve a következő determináló egyenletet nyerjük:

$$\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} - \frac{\partial V^\sigma}{\partial x_a} g_{ik} = -2w_{ik}. \quad (32)$$

Ez megint nem egy közönséges differenciálegyenlet, hanem egy integro-differenciálegyenlet (éppen úgy, mint a kiindulási rendszer), mert a jobboldal egy integrál alapján van képezve. Azonban ezt az egyenletet könnyen visszavezethetjük egy tiszta differenciálegyenletre.

Ha ugyanis összehasonlítjuk a (25) és (29) integrálokat, akkor észrevesszük a képzésben való teljes analógiát. A különbség csak az, hogy a GREEN-féle függvényben fix pont és mozgó pont fel vannak cserélve. Ettől eltekintve, a  $w_{ik}$  és a  $P_{aik}V^a$ -mennyiségek között teljesen ugyanaz az összefüggés áll fenn, mint a  $\gamma_{ik}$  és  $\rho_{ik}$ -mennyiségek között. Az utóbbi összefüggés azonban kifejezhető a (24) alatti differenciálegyenlet alakjában. Ugyanezt tehetjük a (29) integrállal is, csupán azzal a változtatással, hogy a GREEN-féle függvény «transponálása» következtében a (24)-hez «adjungált» differenciálegyenletre kell áttérnünk. Ez azonban az eredetivel azonos, minthogy egy «önmagához adjungált» rendszerrel van dolgunk.

Ily módon a következő összefüggést írhatjuk fel:

$$\Delta w_{ik} + R_i^a w_{ka} + R_k^a w_{ia} - 2R_{iak\beta} w^{a\beta} = 2P_{aik}V^a. \quad (33)$$

Behelyettesítve ide  $w_{ik}$ -nak (32)-ből vett értékét, a  $V_i$  vektorra egy tenzori jellegű (tehát ismét erősen túldeterminált) *harmadrendű* differenciálegyenletet kapunk.

Ez a differenciálegyenlet megfelelő átalakítás után egy megfelelően egyszerű alakra redukálódik. Ugyanis, ha az első tagban a  $\Delta \frac{\partial}{\partial x_i}$  (illetőleg  $\Delta \frac{\partial}{\partial x_k}$ ) operációt szukcessziv felcseréléssel átalakítjuk a  $\frac{\partial}{\partial x_i} \Delta$  (illetőleg  $\frac{\partial}{\partial x_k} \Delta$ ) operációvá, figyelembevéve a kovariáns differenciálásra érvényes jólismert felcserélési szabályokat, és felhasználva a BELTRAMI-féle identitást, akkor végül egyenletünket a következő egyszerű alakban írhatjuk fel:

$$\frac{\partial \psi_i}{\partial x_k} + \frac{\partial \psi_k}{\partial x_i} = 0, \quad (34)$$

ahol a  $\psi_i$  vektornak a következő jelentése van:

$$\psi_i = \Delta V_i + R_i^a V_a. \quad (35)$$

Mondottuk, hogy a (34) egyenletnek egy általános RIEMANN-féle térben nincsen 0-tól különböző megoldása. Ez azonban most nem szolgáltat trivialisítást, hanem a következő másodrendű differenciálegyenletet a  $V_i$  vektorra nézve:

$$\Delta V_i + R_i^a V_a = 0. \quad (36)$$

Ez az egyenlet már egyáltalán nincsen felüldeterminálva, hanem egy normális vektoregyenletet szolgáltat a  $V_i$  meghatározására. Persze, ehhez még megfelelő határfeltételeknek kell hozzájárulniok. Ezek a határfeltételek tényleg léteznek, Ugyanis a (25) alatti integrál csak akkor æquivalens a (24) alatti differenciál-egyenlettel, ha hozzávesszük még, hogy a végtelenben a  $\gamma_{ik}$  eltűnjön. Ez a (29) egyenlet számára  $w_{ik}$ -nak a végtelenben való eltűnését vonja maga után, ha feltételezzük, hogy a végtelenben a tér euklidesi jellegűvé válik.

Akkor tehát a (36) egyenlethez még a következő határfeltétel járul hozzá: a végtelenben kell, hogy

$$\frac{\partial V_i}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_i} = 0 \quad (37)$$

legyen. Ez a determináltság ugyanolyan mértékben biztosítja a  $V_i$  vektor létezését, mint az euklidesi tér esetében.

Végeredményben tehát kimondhatjuk, hogy az a vektor, melynek létezése a megmaradási elvek és ezzel a mozgási egyenletek létesítése céljából szükséges, az általános relativitás dinamikájában éppen úgy biztosítva van, mint a speciálisében. Ez annál érdekesebb, minthogy az a konstans vektor, mely a speciális relativitásban, mint láttuk, az impulzus- és energiaelveket közvetítette, *direkt* értelmezésben speciális tulajdonsága az euklidesi térnek és a RIEMANN-féle térre át nem vihető. És ezek a megmaradási elvek *mindamellett* érvényben maradnak egy olyan vektor közvetítésével, mely bizonyos tekintetben az euklidesi konstans vektor általánosításaképpen fogható fel egy olyan tet-szőleges RIEMANN-féle tér számára, mely a végtelenben euklidesivé válik. Ez a vektor a (36) differenciálegyenlet által van jellemezve, melyhez még a határfeltétel járul hozzá, hogy a végtelenben, ahol a tér már euklidesi,  $\frac{\partial V_i}{\partial x_k} = 0$  legyen. Könnyen belátható, hogy egy *mindenütt* euklidesi térben ez a definíció a közönséges konstans vektorra vezet.

Az itt közölt principiális jellegű vizsgálaton a jelen dolgozatban túlmenni nem akarok. Legyen szabad azonban e helyütt még az általános relativitás dinamikájának egy érdekes és jel-

lenző vonását kiemelnem, melyben elvileg különbözik a speciális relativitásból adódó dinamikától. Ott a súlypontra vonatkozólag egyszerűen a tehetetlenségi törvényre jutottunk, szóval a test egyenletes, egyenesvonalú mozgására, függetlenül attól, hogy más külső testek is vannak-e jelen vagy nem. Ez a függetlenség egy lineáris egyenletrendszer esetében szükségképpen el is várható, hiszen érvényes a superpositio principiuma, melynek értelmében a különböző testek által létesített terek minden további nélkül összegezhetők, úgyhogy nem is remélhetjük, hogy egy test a külső tér jelenlétére valamiképpen reagáljon. Ha az általános relativitási elméletben egy egyensúlyban levő test egy külső gravitációs tér létesítése esetén mozgásba jön és ez a mozgás a téregyenletek következménye, akkor arra fogunk gondolni, hogy ez mindenesetre a téregyenletek nem-lineáris természetének lehet csak folyománya. Másrésztől egy végtelen gyenge külső tér adiabatikus keletkezése a téregyenleteknek csupán *lineáris* deformációját vonja maga után és a dinamikai hatás mégis létrejön.

Ez a jelenség a dinamikát szabályozó (22) egyenletnek ama sajátosságára megy vissza, hogy nem egy közönséges differenciálegyenletre redukálódik, hanem egy integro-differenciálegyenlettel van dolgunk. Egy közönséges lineáris differenciálegyenlet sohasem vezethetne egy olyan mozgási törvényre, melyben a mozgás a külső tér által befolyásoltatnék. A dinamikai befolyás azon körülmény folyománya, hogy az a divergenciaegyenlet, melynek az anyagi tenzor deformációja alá van vetve, olyan tagokat is tartalmaz, melyek integráció útján keletkeznek és amelyek ily módon kapcsolatot létesítenek a tér távolfekvő pontjai között, a nélkül, hogy a lineáris karakterben változás állana be. Ezen sajátosságos és tipikus jelenség megfigyelése nem érdektelen, mert egy olyan körülményre mutat rá, mint az anyag egymásra gyakorolt hatásának végső gyökereképpen, mely a klasszikus térelméletekben ismeretlen.



# DIE INVARIANTE FASSUNG DER ERHALTUNGSSÄTZE IN DER ALLGEMEINEN RELATIVITÄTSTHEORIE.

Von KORNEL LÁNCZOS.

In der Punktmechanik existieren Erhaltungssätze in dem Sinne, dass gewisse für das gesamte System charakteristische Grössen zeitlich konstant bleiben. Diese Sätze treten als intermediäre Integrale der Bewegungsgleichungen auf. In der Feldphysik gibt es etwas Analoges. Mit Hilfe der GAUSS'schen Integraltransformation kann man aus den partiellen Differentialgleichungen, die hier die Rolle der Bewegungsgleichungen spielen, Feldintegrale bilden, die ebenfalls die Eigentümlichkeit haben, zeitlich konstant zu sein.

In der einheitlichen vierdimensionalen Darstellung der speziellen Relativitätstheorie erscheinen die Erhaltungssätze in Form von Integralen, die über geschlossene Oberflächen des vierdimensionalen Kontinuums gebildet sind. Infolge des vektoriellen Charakters dieser Integrale ist man dabei ausdrücklich auf die Benützung Cartesischer Koordinaten angewiesen. Vom Standpunkt der allgemeinen Kovarianz taucht die Frage auf, wie man sich von der speziellen Wahl der Koordinaten unabhängig machen kann, und weiterhin, wie die Erhaltungssätze in der allgemeinen Relativitätstheorie zu formulieren sind, wo die rechtwinkligen Koordinaten ihren Sinn überhaupt verlieren. Die von EINSTEIN selbst gegebene Formulierung für die Erhaltung von Gesamtimpuls und Energie leidet an dem Mangel, dass sie mit Grössen operiert, denen ein kovarianter Sinn nicht zukommt.

Die Frage wird in der vorliegenden Arbeit von einem neuen Gesichtspunkt aus behandelt. Es wird gefragt, ob man bei einem vorgelegten System von Differentialgleichungen a priori systematisch entscheiden kann, ob Oberflächensätze da sind, und wenn ja, in welcher Form erscheinen dieselben?

Es zeigt sich, dass darüber die sogenannte «adjungierte Differentialgleichung» zu entscheiden hat, als Ausfluss einer sehr allgemeinen Methode, die auch dann unverändert ihren Sinn beibehält, wenn es sich nicht um eine skalare Gleichung handelt, sondern ein beliebiges, mehr oder weniger bestimmtes simultanes System von Differentialgleichungen vorliegt. Oberflächensätze existieren dann und nur dann, wenn die adjungierte Differentialgleichung von 0 verschiedene Lösungen besitzt und jeder unabhängigen Lösung ist ein Oberflächensatz koordiniert.

Beim vorliegenden Problem ist das adjungierte System ein stark überbestimmtes. Im euklidischen Grundfeld besitzt es trotzdem von 0 verschiedene Lösungen und zwar insgesamt 10 von einander unabhängige. Dem entsprechen die vier Erhaltungssätze von Impuls und Energie, drei Sätze von der Erhaltung des Drehmomentes und drei weitere Sätze, die mit den anderen kombiniert das GALILEI'sche Trägheitsgesetz für den Schwerpunkt zur Folge haben.

Ist das Grundfeld RIEMANN-isch, so kann man aus der Tatsache, dass die Divergenz eines symmetrischen Tensors verschwindet, keine Oberflächensätze konstruieren, da das adjungierte System jetzt keine von 0 verschiedene Lösung hat. Das Problem ist aber verwickelter, insofern man Metrik und Materietensor nicht als von einander unabhängig betrachten kann, sind doch dieselben durch die Feldgleichungen mit einander gekoppelt.

Man muss eine infinitesimale Betrachtung anstellen, ausgehend aus einem gegebenen Grundfeld, in welchem man eine unendlich schwache Modifikation des Materietensors — und damit der Metrik — vornimmt. Es ergibt sich dann, dass der integrierende Vektor, der die Oberflächensätze garantiert (als Lösung der adjungierten Differentialgleichung), nun wieder

existiert, so dass auch die Erhaltungssätze in entsprechender Formulierung — und zwar in allgemein kovarianter Fassung — aufstellbar sind. Man kann darum auch ein Bewegungsgesetz formulieren, als Übertragung des Schwerpunktsatzes, wie es in der speziellen Relativitätstheorie herauskam.

Während in der speziellen Relativitätstheorie die Divergenzgleichung, die den Erhaltungssätzen — und somit auch dem Bewegungsgesetz — zu Grunde liegt, als Axiom hingestellt werden muss, ist sie in der allgemeinen Theorie eine notwendige Folge der Feldgleichungen. Die Dynamik erscheint also hier nicht mehr als selbständiges Prinzip, sondern ist bereits in den Feldgleichungen enthalten.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 3. Juni 1929.)

# ÖSSZETETT RENDSZEREK STATISZTIKÁJA AZ ÚJ QUANTUM-MECHANIKA SZERINT.

WIGNER JENŐ-től.

1. A klasszikus mechanikában csak egyféle statisztikának lehetett helye. Valóban egy rendszer viselkedése teljesen, azaz mikroszkoposan is meg volt határozva, ha a mozgás egyenleteit és a kezdőállapotát ismertük. Ez az utóbbi azonban a rendszer makroszkopos viselkedését nem befolyásolta, mert a rendszer az idők folyamán a quaziergodikus hipotézis szerint ugyanis minden azonos energiájú állapotnak tetszésszerűen közelébe jutott, a statisztikai mechanika pedig csak oly középértékekkel foglalkozik, melyeknél a rendszer minden ilyen állapotot többször átélt. E klasszikus, vagy BOLTZMANN-féle statisztika szerint egy makroszkopos állapot valószínűségét úgy kapjuk meg, hogy kiszámítjuk, hányféleképpen lehet az egyes részeket a fázistér sejtjeibe, ez állapotnak megfelelően elhelyezni. Ez elosztások megszámlálásánál külön kell számolni oly két esetet is, melyek, noha mindkettőben ugyanazokban a sejtekben vannak atomok elhelyezve, abban különböznek egymástól, hogy az egyik esetben nem ugyanaz az atom van ugyanabban a sejtben, mint a másik esetben, hanem az atomok egymáshoz képest fel vannak cserélve. Ezt a szabályt kombinatoriusan úgy lehet kifejezni, hogy az atomok megkülönböztethetők, és kiszámítandó az atomoknak a sejtekben való lehetséges elrendezéseinek száma.

Mindez a klasszikus mechanikából és az említett quaziergodikus hipotézisből következik, még pedig legegyszerűbben a LIOUVILLE-tétel segítségével. (Lásd pl. ORTVAY R.: Bevezetés az anyag korpuszkuális elméletébe. Budapest, 1927.)

Ha szemügyre vesszük a klasszikus statisztika kombinatorius kifejezést: «az atomok a sejtekben elrendezendők, még pedig különböző elrendezésnek számít, ha két különböző sejtben

levő atom az egyik elrendezésben a másikhoz képest fel van cserélve; még akkor is, ha két azonos kémiai természetű atom (például két  $H$  atom) felcseréléséről van szó»; közelesőnek tűnik ezt az utolsó követelményt feladni, azaz azonos természetű atomokat meg nem különböztethetőknek tekinteni. BOSE, akitől ez a gondolat származik, kimutatta, hogy ha ezt a statisztikát egy fényquantumokból álló gázra alkalmazzuk, minden további nélkül a PLANCK-féle sugárzási törvényt kapjuk.

Még a legegyszerűbb esetre: két atom és két sejt esetére alkalmazni fogjuk példaképen a két statisztikát. A két sejtet a két négyzet, a két atomot a BOLTZMANN-féle esetben a két

1, 2			1, 2	1	2	2	1	· ·	·	·		· ·
BOLTZMANN								BOSE				

szám (1. és 2.), a BOSE-féle esetben a két pont jelöli. Látjuk, hogy BOLTZMANN szerint annak a valószínűsége, hogy a két atom különböző sejtekben legyen, azonos annak a valószínűségével, hogy mindkettő ugyanabban a sejtben legyen. BOSE szerint az utolsó valószínűség kétszeresére nő. Ez a BOSE-statisztika kvalitatív jellemzésére igen alkalmas.

Rövid idővel BOSE vizsgálatai után EINSTEIN a BOSE-statisztikát egy ideális gázra alkalmazta. Érdekes elfajulási jelenségeket talált, melyeket utána még többen leírtak és melyeket kvalitatíve megérthetünk, ha feltesszük, hogy két atomnak a fázistér egy sejtjében való együttletének a valószínűsége *nagyobb*, mint ahogy azt a klasszikus statisztika követeli.

Valamivel EINSTEIN cikke után FERMI vele szemben azt hangsúlyozta, hogy az atomoknak elektronokból való felépítése körül szerzett tapasztalataink nem adnak okot arra, hogy két testnek egy sejtbe való beosztásának nagyobb valószínűséget tulajdonítsunk, mint ezt a klasszikus statisztika teszi. Ellenkezőleg, a spektrumoknál szerzett tapasztalatok alapján felállított PAULI-elv szerint egyenesen *lehetetlennek* kell egy olyan állapot létezését tartanunk, melynél több mint egy részecske van a fázistérnek ugyanabban a sejtjében. Az ilyen állapotok valószínűségét tehát FERMI 0-nak, azoknak az állapotoknak a priori valószínűségét pedig,

hol minden sejtben *legfeljebb egy* részecske van, *egyenlőnek* vette. Ez a FERMI-féle statisztika.

2. Mint látjuk, a quantum-mechanika előtt a BOLTZMANN-féle statisztikán kívül a többi statisztika (BOSE és FERMI) felállítása teljesen *önkéntes* volt. A quantum-mechanika azonban mindkét új statisztika számára bizonyos mértékig megadta a megokolást.

Mint említettük, a klasszikus mechanikában a BOLTZMANN-statisztika felépítéséhez a mechanikán kívül a quaziergodikus hipotézis is kellett.

HEISENBERG<sup>1</sup> és DIRAC<sup>2</sup> egymástól függetlenül észrevették, hogy a quantum-mechanikában ez a hipotézis nem állhatja meg helyét. Például két elektron esetén kimutatták, hogy van két csoportja az állapotoknak — szimmetrikus és antiszimmetrikus állapotok — melyek egymás közelébe sohasem jutnak. A szimmetrikus állapotokat az jellemzi, hogy hullámfüggvényük

$$\psi(r_1, r_2, \dots, r_n)$$

(az  $r_1, r_2, \dots, r_n$  a részecskék koordinátáit jelölik) argumentumaiknak szimmetrikus függvényei, azaz

$$\psi(r_1, r_2, \dots, r_n) = \psi(r_{\alpha_1}, r_{\alpha_2}, \dots, r_{\alpha_n}) \quad (1)$$

igaz az 1, 2, ...  $n$  számok *minden*  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  permutációjára. Antiszimmetrikus állapotok hullámfüggvényeire (1) csak akkor igaz, ha  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  páros permutáció, különben pedig

$$\psi(r_1, r_2, \dots, r_n) = -\psi(r_{\alpha_1}, r_{\alpha_2}, \dots, r_{\alpha_n}). \quad (1a)$$

Mármost igaz az, hogy a szimmetrikus állapot mindig szimmetrikus is marad, hasonlóképpen antiszimmetrikus állapot is mindig antiszimmetrikus marad. Ez egyszerűen abból következik, hogy  $\psi$ -nek az idővel való változását egy lineáris differenciálegyenlet szabályozza, mely természetesen  $r_1, r_2, \dots, r_n$ -ben szimmetrikus.

A szimmetrikus és antiszimmetrikus állapotokon kívül vannak még másfajta is (két testecske esetén csak ez a kétféle,

<sup>1</sup> Zs. f. Phys. 38, 411, 1926.

<sup>2</sup> Proc. Roy. Soc. 112, 661, 1926.

három testecske esetén háromféle, négy testecske esetén ötféle állapot gondolható el), de ez a két eset a legegyszerűbb és legfontosabb, a többiekre nem is kell kitérnünk. DIRAC ugyanis kimutatta,<sup>1</sup> hogy olyan testecskékre, melyek szimmetrikus állapotban vannak, a BOSE-féle; olyanokra, amelyek antiszimmetrikus állapotban vannak, a FERMI-féle statisztika érvényes. Ezek szerint fényquantumok mindig szimmetrikus, elektronok mindig antiszimmetrikus állapotban vannak. Ez utóbbi áll protonokra is.

A továbbiakban látni fogjuk, hogy összetett testekre az első, avagy a második statisztika érvényes, a szerint, hogy páros vagy páratlan számú részecskékből áll a test. Ennél a meghatározásnál a magokat is úgy kell tekintenünk, hogy protonokból és elektronokból vannak felépítve.

3. Tekintsünk először két  $H$ -atomot normális állapotukban, melyek egy szekrénybe vannak bezárva. A két mag koordinátái  $R_1$  és  $R_2$ , a két elektroné  $r_1$  és  $r_2$ , a  $H$ -atom normális állapotának állapotfüggvényét, (az első LAGUERRE-féle függvényt),  $L$ -el jelöljük, a különböző, a szekrényben lehetséges álló hullámok függvényeit, a DE BROGLIE-függvényeket  $B_k$ -val. A mag tömege  $M$ , az elektroné  $m$ . A következő négy állapotnak ugyanaz az energiája:

$$\left. \begin{aligned} \psi_1 &= B_k \left( \frac{MR_1 + mr_1}{M+m} \right) L(R_1 - r_1) B_{k'} \left( \frac{MR_2 + mr_2}{M+m} \right) L(R_2 - r_2) \\ \psi_2 &= B_k \left( \frac{MR_1 + mr_2}{M+m} \right) L(R_1 - r_2) B_{k'} \left( \frac{MR_2 + mr_1}{M+m} \right) L(R_2 - r_1) \\ \psi_3 &= B_k \left( \frac{MR_2 + mr_1}{M+m} \right) L(R_2 - r_1) B_{k'} \left( \frac{MR_1 + mr_2}{M+m} \right) L(R_1 - r_2) \\ \psi_4 &= B_k \left( \frac{MR_2 + mr_2}{M+m} \right) L(R_2 - r_2) B_{k'} \left( \frac{MR_1 + mr_1}{M+m} \right) L(R_1 - r_1) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Ezekből a függvényekből csak egy oly  $\psi_{kk'}$  függvényt alkotunk, mely úgy  $R_1, R_2$ -ben, mint  $r_1, r_2$ -ben antiszimmetrikus. A valóságban csak ilyen függvényeknek felelnek meg realizálható állapotok:

$$\psi_{kk'} = \psi_1 - \psi_3 - (\psi_2 - \psi_4) = \psi_{k'k}. \quad (3)$$

Mint látjuk, minden  $kk'$  kombinációhoz, a sorrendre való

<sup>1</sup> L. cit.

tekintet nélkül, *egy* állapot felel meg;  $k = k'$ -nek is *megfelel állapot*: pontosan a Bose-statisztikának megfelelő számú állapotot kapunk. Ha a magnak az elektronokoz képest nagy tömegének megfelelően

$$\frac{MR + mr}{M + m} \approx R - t \quad (4)$$

írunk, akkor

$$\begin{aligned} \phi_{kk'} \approx & [B_k(R_1) B_{k'}(R_2) + B_k(R_2) B_{k'}(R_1)] L(R_1 - r_1) L(R_2 - r_2) \\ & - [B_k(R_1) B_{k'}(R_2) + B_k(R_2) B_{k'}(R_1)] L(R_2 - r_1) L(R_1 - r_2) \end{aligned} \quad (5)$$

kapunk. Ebben a formulában a szögletes zárójelben fellépő kifejezés jellemző a Bose-statisztikára. Az előbb láttuk, hogy két normális állapotban levő  $H$ -atomból alkotott gáz stacionárius állapotainak számát a Bose-statisztika adja, (5) mutatja, hogy a *helystatisztika* is a Bose-statisztikának felel meg, legalább is, ha a mint ez természetszerű, *oly tartományokra szorítkozunk, melyek nagyok egy  $H$ -atom sugarához képest*. Ebben az esetben ugyanis  $\phi_{kk'}$ -nek csak úgy lehet említésreméltó értéke, ha vagy  $R_1 - r_1$  és  $R_2 - r_2$ , vagy  $R_1 - r_2$  és  $R_2 - r_1$  igen kicsiny. Mindkét esetben (5)-nek csak egyik sora jön tekintetbe, és így mint faktor lép fel a

$$[B_k(R_1) B_{k'}(R_2) + B_k(R_2) B_{k'}(R_1)]$$

kifejezés, mely a Bose-féle helystatisztikát adja. (Például az  $R_1 \approx R_2$  állapot maximális valószínűségét.)

4. Ha több mint két, például  $n$ -atomunk van (5), helyébe mint egyetlen antiszimmetrikus kombináció

$$\begin{aligned} \phi_{k_1 \dots k_n} &= \sum_{\mathfrak{S}} \prod_{\alpha} B_{k_{\alpha}(\mathfrak{S})}(R_{\alpha}) \sum_{\mathfrak{T}} \prod_{\lambda} L(R_{\lambda} - r_{\lambda}(\mathfrak{T})) \varepsilon_{\mathfrak{T}} \\ &= \sum_{\mathfrak{S}} \prod_k B_{k_{\alpha}(\mathfrak{S})}(R_{\alpha}) \cdot \begin{vmatrix} L(R_1 - r_1) & \dots & L(R_n - r_1) \\ \vdots & & \vdots \\ L(R_1 - r_n) & \dots & L(R_n - r_n) \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (5a)$$

írandó, hol  $\mathfrak{S}$  és  $\mathfrak{T}$  az  $1, 2, \dots, n$  számoknak  $1(\mathfrak{S}), 2(\mathfrak{S}), \dots, n(\mathfrak{S})$ , illetőleg  $1(\mathfrak{T}), 2(\mathfrak{T}), \dots, n(\mathfrak{T})$  permutációját jelöli. Az összegezést  $\mathfrak{S}$  és  $\mathfrak{T}$  fölött az összes  $(n!)$  permutációra ki kell terjeszteni;  $\varepsilon_{\mathfrak{T}} = +1$  vagy  $-1$ , aszerint, hogy  $\mathfrak{T}$  páros avagy páratlan permutáció. Ezekután (5a)-ból éppen úgy, mint (5)-ből le lehet ve-



zetni a Bose-statisztika követelményeit, a stacionárius állapotok számára szigorúan, a helystatisztikára pedig, ha az atomsugárhoz képest nagy tartományokra szorítkozunk.

Komplikáltabb atomok és molekulák esetén hasonlóképpen kell eljárunk és, ugyanezekkel a korlátozásokkal, Bose avagy FERMI-statisztikát kapunk, aszerint, hogy a test páros vagy páratlan számú részecskékből van felépítve.

Az eddigi meggondolásokban az elektronok és protonok mágneses momentumait nem vettük tekintetbe, valamint azt sem, hogy a normális állapot «elfajult» is lehet, amennyiben 0-nál nagyobb «belső» quantumszáma van. Eredményeink pontosan véve csak  $^1S$  állapotokra igazak. Egyéb esetekben úgy kell magunkon segítenünk, hogy a fázistér minden sejtjét annyszorosan számítjuk, amennyi a tekintett állapot elfajulási foka és azután alkalmazzuk a Bose, illetőleg FERMI-statisztikát. Ugyanígy kell már egyszerű elektronok esetében is eljárunk, mert ezeknek legalsó állapota is — mágneses momentumok miatt — kétszeresen elfajult. (Lásd például W. PAULI jr: Zs. f. Phys. 41, 81, 1927.)

5. Az éppen említett dolgozatban W. PAULI jr. az elektrongáz-viselkedését tanulmányozta a FERMI-statisztika alapján. A. SOMMERFELD<sup>1</sup> további alkalmazásait adta e statisztikának igen nagy sikerrel.

Összetett testeknél ez az alkalmazás nem olyan könnyű. A gázoknál ugyanis oly alacsony hőmérsékleteknél és oly magas sűrűségeknél, melyeknél lényeges eltérés várható a BOLTZMANN-féle statisztikától, az atomok vagy már közelebb vannak egymáshoz, mintsem az előző fejezetben adott megszorítás miatt az eredményeinket alkalmazhatnók, vagy pedig a gáz lecsapódása következik be.

Sokkal biztosabban, mint egész atomok statisztikáját, lehet atomnagok statisztikáját megállapítani. HEISENBERG<sup>2</sup> hívta fel arra először a figyelmet, hogy a molekulák szalagspektrumaiban a páros vagy páratlan vonalak hiánya arra vezethető vissza,

<sup>1</sup> Die Naturwissenschaften 16. 374. 1928, ld. több cikk a Zs. f. Phys.-ban 1928-ból.

<sup>2</sup> Zs. f. Phys.

hogy a magok csak antiszimmetrikus vagy más esetben — csak szimmetrikus állapotban lehetnek jelen. Általában véve kimutatható, hogy (E. WIGNER és E. E. WITMER: *Zs. f. Phys.* 51, 859, 1928, ezentúl l. c.) hiányzó vonalak csak oly egyforma atomokból álló molekuláknál ( $H_2$ ,  $He_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  stb.) várhatók, melyeknek «elektromos forgató momentumuk» nincsen. Négyféle ilyen állapot van, melyet  $O_+$ ,  $O'_+$  és  $O_-$ ,  $O'_-$  jellel különböztethetünk meg. L. c. meg van állapítva az is, hogy  $O_+$  és  $O'_+$  esetén a páros vonalak szimmetrikusak az egész magban, míg  $O_-$  és  $O'_-$  esetén ellenkezőleg a páros vonalak antiszimmetrikusak. Ha csak a magokban szimmetrikus állapotok léteznek és a magoknak nincsen saját forgató nyomatékuk, akkor az antiszimmetrikus állapotok teljesen hiányzanak (és viszont), ha pedig van forgató nyomatékuk, az antiszimmetrikus állapotok még lényegesen gyengébb vonalakat eredményeznek.

A tapasztalat az említett négy molekulánál azt mutatja, hogy mindenütt a *páratlan vonalak az erősek*, a  $He_2$ -nél és a  $O_2$ -nél a párosak egészen hiányzanak. Az  $O$  és  $He$  magoknak tehát egyáltalán nincsen forgató nyomatékuk, míg a  $H$  magé  $\frac{1}{2} \frac{h}{2\pi}$  az  $N$  magé  $\frac{h}{2\pi}$  (lásd R. DE L. KRONIG: *Die Naturwissenschaften.* 16. 335. 1928.). Annak eldöntéséhez, hogy a magok szimmetrikus, vagy antiszimmetrikus állapotban vannak-e, még tudnunk kell, hogy  $O_-$  vagy  $O_+$  az elektron forgató nyomatéka. Ennek meghatározása nem egészen egyszerű, de l. c. alapján bizonyos kritériumokból (főleg a sávkonvergenция alapján) mégis lehetséges. Ezek alapján meg lehet állapítani, hogy a  $H_2$  normális állapota  $^2O_+$ , az  $N_2$ -é szintén  $^2O_+$ , az  $O_2$ -é  $^3O_-$  míg a  $He_2$ -é valószínűleg  $^1O_-$ .

Ez arra a következtetésre vezet bennünket, hogy a levezetett szabály: páros számú részből felépített testek FERMI-statisztikát uralnak, atommagokra is helyes.

# STATISTIK ZUSAMMENGESETZTER SYSTEME NACH DER NEUEREN QUANTEN-MECHANIK.

Von E. WIGNER.

Es wird die Frage untersucht, durch welche Statistik (BOLTZMANN, FERMI oder BOSE) man die Entartungserscheinungen, statistischen Gewichte usw. von zusammengesetzten Systemen (Atomen oder Molekülen) beschreiben kann. Natürlich wird diese Beschreibung nur solange gelten, als man die Systeme als Massenpunkte ansehen darf.

Zur Entscheidung der Frage wird die Wellenfunktion eines Gases, bestehend aus den betreffenden Atomen, bezüglich der Molekülen, aufgeschrieben ( $Gl(5)$  für ein Gas aus zwei Wasserstoffatomen,  $Gl(5a)$  für den allgemeinen Fall. Die grossen  $R$  sind die Schwerpunktskoordinaten, die kleinen  $r$  die inneren Koordinaten des Atoms). Aus dieser Wellenfunktion wird abgelesen, dass das ganze System FERMI-scher oder BOSE-scher Statistik genügt, je nachdem die Anzahl der das System aufbauenden FERMI-schen Elementarteilchen ungerade oder gerade ist.

Für Atomkerne ist die Bedingung, dass man sie als Massenpunkte ansehen kann, bei optischen Versuchen allenfalls erfüllt. Die Bandenspektren zeigen in der Tat eine Bestätigung der Theorie. Das Spektrum von  $H_2$  (Grundzustand  $^1\Sigma_+$ ) zeigt, dass der  $H$ -Kern FERMI-scher, das Spektrum von  $N_2^+$  (Grundzustand  $^3\Sigma_+$ ), dass der  $N$ -Kern ebenfalls FERMI-scher, das Spektrum von  $O_2$  (Grundzustand  $^3\Sigma_-$ ), dass der  $O$ -Kern BOSE-scher Statistik genügt.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Okt. 1928.)

## VIZSGÁLATOK AZ ÚJ KVANTUMELMÉLET KÖRÉBŐL.

CSÁSZÁR ELEMÉR levelező tag székfoglalója.

A kvantumelmélet egészen a legutóbbi évekig az úgynevezett kvantumintegrálokra nyugodott:

$$\oint p_i dq_i = n_i h; \quad (1)$$

hol  $p_i$  az impulzus-,  $q_i$  pedig a helyzeti koordinátákat jelenti,  $i$  a független koordináták száma;  $h$  az elemi hatáskvantum, továbbá  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$  Ezek az integrálok csak periodikus vagy kváziperiodikus mozgásokra vonatkoznak és az integráció egy periodusra vagy az ingadozási tartományra terjesztendő ki. De még az említett mozgások köréből is csak olyanokra alkalmazhatók, melyekben a megfelelő HAMILTON—JACOBI-féle parciális differenciálegyenlet szeparálható, vagyis mindegyik  $q_i$  egyedül csak a hozzátartozó  $p_i$  függvényeképpen fejezhető ki. A végecé, melyre ezek az integrálok szolgálnak, a *megengedett energianívók* kiszámítása, melyekből azután a BOHR-féle szaporasági feltétellel nyerhető, a szinképi vonalak rezgésszáma.

A kvantumelméletben tehát bizonyos karakterisztikus (energia-) értékeket keresünk. De régóta ismereteseek már olyan differenciálegyenletek, melyekben ugyancsak a szereplő paraméter karakterisztikus értékeit keresik, melyek mellett az illető differenciálegyenlet megoldásai bizonyos határfeltételeknek tesznek eleget (HERMITE-, LAGUERRE-féle ortogonális függvények differenciálegyenlete stb.); és az is igaz, hogy a karakterisztikus paraméterértékek legtöbbszire egész számok, akárcsak a kvantumintegrálok esetében a hatáskvantum együtthatója. Most utólag

kiderül, hogy közeleső gondolat volt az egész kvantumproblémát karakterisztikus értékek problémája gyanánt felfogni és a kvantumintegrálok helyett differenciálegyenletekkel dolgozni. Ezt a lépést SCHRÖDINGER tette meg, akinek csak a matematika e téren gazdag tárházába kellett nyúlnia, hogy az egész kvantumelméletet a fentebbi szellemben átformálja,

Ő felismerte, hogy az egész kvantumelmélet a következő differenciálegyenletben van elrejtve:<sup>1</sup>

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - V)\psi = 0, \quad (2)$$

hol  $\psi$  az elektron helyzeti koordinátáinak függvénye és  $\Delta\psi$  a megfelelő LAPLACE-féle operátor,  $m$  a tömeg, melyet változatlannak tekintünk,  $E$  a teljes energia,  $V$  pedig a helyzeti energia. A probléma itt a következő: meghatározandók azok az energiaértékek (*a karakterisztikus értékek*), melyek mellett a megoldás ( $\psi$ ) a koordináták minden értéke mellett folytonos, egyértékű és nem identikusan zérus; az ilyen megoldások a differenciálegyenlet karakterisztikus függvényei, melyek egy tetszésszerű állandó tényezőig határozhatók meg. Ez az úgynevezett «amplitudo-egyenlet» vagy «hullámegyenlet» — mellyel a következőkben kizárólagosan foglalkozunk — mint egy varázsvessző adja meg azokat az energiaértékeket, melyeket korábban a kvantumintegrálok gyümölcseképpen nyertünk.

Ebben a differenciálegyenletben csak egyetlen adat van, mely a szereplő modellre jellemző, és ez a helyzeti energia. Maga a  $\psi$  függvény — melyet «amplitudófüggvénynek» is neveznek — koránt sincs olyan közeli kapcsolatban a modellel, illetőleg annak mozgásával, mint azt a mechanika differenciálegyenleteinek megoldása alkalmával megszoktuk. Így azután a  $\psi$  függvény fizikai jelentése nyílt kérdés, bár ennek megmagyarázására több kísérlet történt.

Az alábbiakban *periodikus mozgásokra* szorítkozunk és a mozgásoknak e csoportjára megállapítjuk a  $\psi$  függvénynek egy

<sup>1</sup> E. SCHRÖDINGER: Abhandlungen zur Wellenmechanik, II. Aufl. 38. o. J. A. Bartl, Leipzig, 1928.

nevezetes tulajdonságát: az *invariancia-tételt*. Ennek alapján azonnal kiderül a  $\phi$  függvény és a kvantumintegrálok között lévő kapcsolat is, miből rögtön látjuk, hogy ez integrálok a (2) fennállása mellett csak diszkrét értékeket vehetnek fel. Ezután a  $\phi$  függvény említett tulajdonságát felhasználjuk egy úgynevezett perturbációs esetben a jellemző energiaértékek meghatározására és a velük összefüggő termodinamikai problémák megoldására.

## I.

## 1. Az amplitudofüggvény egy tulajdonsága.

BOLTZMANN kimutatta, hogy egyszeresen periodikus mozgás esetében a kinetikus energiának egy periódusra ( $\tau$ ) vonatkoztatott időintegrálja változatlanul marad, ha a mozgás egy vagy több paraméterét, például a rezgésszámot igen lassú (adiabatikus reverzibilis) változásnak vetjük alá;<sup>1</sup> ezt a tényt úgy fejezik ki, hogy az említett integrál *adiabatikus invariáns*:

$$2 \int_0^{\tau} E_{\text{kin}} dt = 2\tau \bar{E}_{\text{kin}} = \text{adiab. inv.} \quad (3)$$

A 2 tényező csak alaki okokból szerepel, mint azt később látni fogjuk (7)-ben. Ezt a tételt óhajtjuk gyümölcsöztetni a hullám-mechanikában.

A (2) alatti differenciálegyenletből kifejezhető a kinetikus energia kétszerese:

$$2(K - V) = 2E_{\text{kin}} = -\frac{h^2}{4\pi^2 m} \frac{\Delta\phi}{\phi}; \quad (4)$$

vagy új jelölést bevezetve:

$$2E_{\text{kin}} = K \frac{\Delta\phi}{\phi}. \quad (4a)$$

A  $\phi$  függvény itt a koordináták függvénye. A (3) tétel szem-

<sup>1</sup> P. EHRENFEST: Ann. d. Phys. 51, 346. o., 1916. (Itt megtalálható a tétel bizonyítása az irodalmi hivatkozásokkal együtt.)

pontjából minket a  $\phi$ -nek csak egyetlen periodusba eső értékei érdekelnek s ezeket is az idő függvénye gyanánt óhajtjuk tekinteni. Ezt úgy érzük el, hogy a kérdéses anyagi ponthoz tartozó mozgási egyenletet (differenciálegyenletet) megoldjuk és így a  $\phi$ -ben szereplő koordinátákat az idő függvénye gyanánt állítjuk elő. Például a lineáris oszcillátor esetében a harmonikus mozgás differenciálegyenletét kell e célra megoldani.

Integráljuk most a (4a) egyenletet az idő szerint egy periodusra:

$$2 \int_0^{\tau} E_{\text{kin}} dt = K \int_0^{\tau} \frac{\Delta \phi}{\phi} dt. \quad (5)$$

Elhagyva a jobboldalon szereplő konstanstényezőt:

$$\int_0^{\tau} \frac{\Delta \phi}{\phi} dt \text{ adiab. invariáns.} \quad (6)$$

*Tehát a  $\phi$  függvény LAPLACE-féle operátorából és magából e függvényből alkotott hányadosnak egy periodusra vonatkozó időintegrálja változatlan marad a mozgás egyes paramétereinek végtelen lassú változtatása közben.*

Ennek a tételnek speciális esetekben érdekes geometriai jelentése is van. (Lineáris oszcillátor.)

## 2. Az amplitudofüggvény kapcsolata a kvantumintegrálokkal.

Ismeretes, hogy a (3) alatti BOLTZMANN-féle integrál a kvantumintegrálokkal érdekes összefüggésben áll:

$$2 \int_0^{\tau} E_{\text{kin}} dt = \int_0^{\tau} \sum p_i \frac{dq_i}{dt} dt = \oint \sum p_i dq_i. \quad (7)$$

Ha a mozgáshoz tartozó HAMILTON—JACOBI-féle differenciálegyenlet széparálható, akkor a jobboldali összeg tagonként integrálható. Erre az esetre gondolva az (5) alapján:

$$K \int_0^{\tau} \frac{\Delta \phi}{\phi} dt = \oint p_1 dq_1 + \dots + \oint p_n dq_n. \quad (7a)$$

Egyetlen szabadsági fok esetében:

$$K \int_0^{\pi} \frac{d\psi}{\psi} dt = \oint p dq. \quad (7b)$$

Amint látható, a kvantumintegrálok kifejezhetők a  $\psi$ -hez tartozó invariáns integrálokkal. A  $\psi$  a karakterisztikus függvények sorozatából egyiket jelenti, tehát a (7b) baloldala egy adott probléma esetén csak diszkrét értékeket vehet föl: ugyanez áll egyetlen szabadsági fok mellett az egyetlen kvantumintegrálra is, vagy több szabadsági fok mellett (7a) a kvantumintegrálok összegére. Ha a jellemző függvények explicit alakja ismeretes, akkor e diszkrét mennyiségek értéke is kiszámítható. (A kvantumintegrálok értéke természetesen a karakterisztikus energiaértékekből is kihámozható.)

### 3. Az előbbi tételek alkalmazása speciális esetekben.

Meggyőződhetünk róla, hogy a lineáris harmonikus oszcillátor és a KEPLER-ellipszis esetében az (5) alatti integrál valóban invariáns. E számítások közben csakis a karakterisztikus függvényeket használjuk fel, a karakterisztikus energiaértékeket ellenben nem.

Sőt, ha ez esetekben az (5)-ben nem az egy periodusra vonatkozó időintegrált, hanem az integrandusnak egy periodusra vonatkozó időbeli középértékét vesszük, akkor rögtön megkapjuk a karakterisztikus energiaértékeket. Persze a karakterisztikus függvényeket ismerni kell!

#### a) Lineáris szimmetrikus (harmonikus) oszcillátor.

Ebben az esetben az amplitudoegyenlet a következő lesz:

$$\frac{d^2\psi}{dq^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} (E - 2\pi^2m\nu^2q^2) \psi = 0, \quad (8)$$

hol  $q$  a kirezgést,  $\nu$  pedig a rezgésszámot jelenti.

Ennek a differenciálegyenletnek csak az  $E$  paraméter bizo-



nyos értékei mellett van olyan megoldása, mely bármilyen  $q$  esetében folytonos; ezek

$$E = (n + \frac{1}{2}) h\nu, \text{ hol } n=0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

A megfelelő megoldások, vagyis a karakterisztikus függvények, a

$$2\pi q \sqrt{\frac{m\nu}{h}} = x \quad (10)$$

helyettesítést használva, a HERMITE-féle ortogonális függvények lesznek:<sup>1</sup>

$$\phi_n(x) = e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x), \quad (11)$$

hol a

$$\begin{aligned} H_n(x) = (2x)^n - \frac{n(n-1)}{1!} (2x)^{n-2} + \\ + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{2!} (2x)^{n-4} - \dots \end{aligned} \quad (12)$$

a HERMITE-féle polinomokat jelenti, melyek eleget tesznek a következő differenciálegyenletnek:

$$H_n''(x) - 2xH_n'(x) + 2nH_n(x) = 0. \quad (13)$$

Szükségünk van az  $\frac{1}{\phi} \frac{d^3\phi}{dq^3}$  hányadosra. Előbb az  $x$  változót használjuk:

$$\frac{d^3\phi_n}{dx^3} = x^2 e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x) + e^{-\frac{x^2}{2}} [H_n''(x) - 2xH_n'(x) - H_n(x)].$$

A szögletes zárójelben lévő tag értéke a (13) alatti differenciálegyenlet alapján a következő:

$$- (2n+1) H_n(x).$$

Így azután lesz:

$$\frac{d^3\phi_n}{dx^3} = \{x^2 - (2n+1)\} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x).$$

<sup>1</sup> E. SCHRÖDINGER: l. c. 515. o. és R. COURANT u. D. HILBERT: Methoden der math. Physik I., 76. és 261. o.

Ebből könnyen nyerhetjük a  $q$  szerint vett differenciálhányadost:

$$\begin{aligned}\frac{d^2\psi_n}{dq^2} &= \frac{d^2\psi_n}{dx^2} \left(\frac{dx}{dq}\right)^2 + \frac{d\psi}{dx} \cdot \frac{d^2x}{dq^2} = \\ &= \frac{4\pi^2 m\nu}{h} \{x^2 - (2n+1)\} e^{-\frac{x^2}{2}} H_n(x),\end{aligned}\quad (14)$$

megjegyezve, hogy (10) alapján  $\frac{d^2x}{dq^2} = 0$ .

Behozva most a (14) jobboldalára  $q$ -t:

$$\frac{1}{\psi_n} \frac{d^2\psi_n}{dq^2} = \frac{4\pi^2 m\nu}{h} \left\{ \frac{4\pi^2 m\nu q^2}{h} - (2n+1) \right\}. \quad (15)$$

Beszorozva (15) mindkét oldalán

$$K = -\frac{h^2}{4\pi^2 m}$$

tényezővel és integrálva:

$$K \int_0^\tau \frac{\psi''}{\psi} dt = h\nu \int_0^\tau \left\{ (2n+1) - \frac{4\pi^2 m\nu}{h} q^2 \right\} dt. \quad (16)$$

A jobboldalon álló második integrál értéke kifejezhető anélkül, hogy  $q$ -nak az időtől való függését a mozgás differenciálegyenlete alapján figyelembe kellene venni. Ugyanis a lineáris oszcillátorra igaz az, hogy a helyzeti és mozgási energiának egy-egy periodusra vonatkozó középértéke megegyezik egymással. Tehát az (5) alapján:

$$-2 \int_0^\tau 2\pi^2 m\nu^2 q^2 dt = -\tau \cdot 2\bar{E}_{\text{pot}} = -\tau \cdot 2\bar{E}_{\text{kin}} = -K \int_0^\tau \frac{\psi''}{\psi} dt. \quad (17)$$

Behelyettesítve ezt a (16)-ba, az egyenlet elrendezése után nyerjük:

$$K \int_0^\tau \frac{\psi''}{\psi} dt = (2n+1) h \tau = (n + \frac{1}{2}) h. \quad (18)$$

Ebből látszik, hogy a baloldalon álló integrál valóban in-

variáns marad, ha a rezgőpont kötőerejét vagy más szóval a rezgésszámot igen lassú változtatásnak vetjük alá. Másrésztől a (18) jobboldala egyenlő a kvantumintegrállal, melynek értéke azonban nem  $nh$ , hanem  $(n + \frac{1}{2})h$ , amely körülmény több kérdésben szerepet játszik.

Rögtön látható az is, hogyha a baloldalon nem az egy periodusra vonatkozó időintegrált, hanem az arra vonatkozó időbeli középértéket vesszük, az energia karakterisztikus értékeit nyerjük. Ugyanis (16)-ból (17) és (18) alapján:

$$\tau \cdot 2E_{\text{kin}} = \frac{E}{\nu} = (n + \frac{1}{2})h,$$

melyből

$$E = (n + \frac{1}{2})h\nu. \quad (19)$$

Ezek a karakterisztikus energiaértékek természetesen úgy is nyerhetők, ha a karakterisztikus függvényeket magába a (8) alatti differenciálegyenletbe helyettesítjük. Az előbbi eljárásnak tehát a lineáris oszcillátor esetében csak formai jelentősége van; nem így a KEPLER-ellipszis tárgyalásánál.

#### b) Kepler-ellipszis.

Ebben az esetben a SCHRÖDINGER-féle differenciálegyenlet derékszögű koordinátákban a következő alakú lesz:

$$\Delta\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2} \left( E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0,$$

hol  $e$  a keringő elektron töltését,  $r$  pedig a vezérsugarat jelenti. Együttal  $E < 0$ , vagyis az elektron ellipszis-pályán kering.

Térbeli polárkoordinátákat bevezetve ( $r, \vartheta, \varphi$ ):

$$\begin{aligned} \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{d}{d\vartheta} \left( \sin \vartheta \frac{\partial \psi}{\partial \vartheta} \right) + \\ + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2} \left( E + \frac{e^2}{r} \right) \psi = 0. \end{aligned} \quad (20)$$

Az  $E$  karakterisztikus értékeinek a rendszáma

$$n = n_r + l + 1,$$

$n_r$  a régebbi radiális,  $l$  pedig a régebbi azimutális kvantumszámnak felel meg. Úgy az  $n_r$ , mint az  $l$  lehet 0, vagy pozitív egész szám az alábbi korlátozással.

Egy adott  $n$  rendszámhoz tartozó karakterisztikus függvények sorozata:<sup>1</sup>

$$\phi_n = R(r) P_l^m(\cos \vartheta) e^{im\varphi}; \quad (21)$$

hol

$$l = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

és

$$|m| \leq l,$$

de az  $m$  negatív csak az utolsó tényező kitevőjében lehet. Amint látható, az  $n$  számhoz nem egy, hanem több ( $n^2$ ) karakterisztikus függvény tartozik, de csak egyetlen karakterisztikus energiaérték.

A (21)-ben szereplő függvények jelentése a következő:

$$R = \varrho^l w e^{-\frac{\varrho}{2}}, \quad (22)$$

hol

$$\varrho = \frac{2r}{r_0} \quad \text{és} \quad r_0 = \sqrt{-\frac{h^2}{8\pi^2 m E}}; \quad (22a)$$

továbbá  $w$  egy  $n_r$ -edrendű polinom, ugyanis

$$w = L_{n+l}^{(2l+1)}(\varrho), \quad (22b)$$

ahol a jobboldal jelenti az  $(n+l)$ -ik LAGUERRE-féle polinomnak  $(2l+1)$ -ik differenciálhányadosát.

A  $P_l^m(\cos \vartheta)$  pedig jelenti az  $l$ -edrendű LEGENDRE-féle polinomnak vagy speciális gömbfüggvénynek  $m$ -ik differenciálhányadosát, az úgynevezett «hozzárendelt gömbfüggvény»-t;  $\cos \vartheta = x$  jelölést használva

$$P_l^m(x) = (1-x^2)^{\frac{m}{2}} \frac{d^m}{dx^m} P_l(x); \quad (23)$$

itt a  $P_l(x)$  az  $l$ -edrendű LEGENDRE-féle polinom vagy speciális gömbfüggvény.

<sup>1</sup> A. SOMMERFELD: Atombau u. Spektrallinien Wellenmechanischer Ergänzungsband 74. o., Fr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1929.

A (21) felhasználásával számítsuk ki most a

$$\frac{\Delta\psi}{\psi}$$

hányados értékét, azután pedig hajtsuk végre az (5) alatti integrációt.

Tekintetbe véve azt, hogy  $P_l^m$  az úgynevezett «hozzárendelt gömbfüggvény», mely egy differenciálegyenletnek tesz eleget,<sup>1</sup> a számítások elvégzése után nyerjük:

$$\frac{\Delta\psi}{\psi} = \frac{1}{R} \left( \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dR}{dr} \right) - \frac{l(l+1)}{r^2} = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} \left( E + \frac{e^2}{r} \right). \quad (24)$$

Az  $R$ -ét tartalmazó kifejezést átalakítjuk. Ugyanis behelyettesítve  $R$  értékét a (22)-ből s elvégezve a differenciálást, tekintetbe véve továbbá a LAGUERRE-féle polinomokra<sup>2</sup> fennálló differenciálegyenletet:

$$\frac{1}{R} \left( \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dR}{dr} \right) = \frac{1}{r_0^2} - \frac{2(n_r + l + 1)}{r_0 r} + \frac{l(l+1)}{r^2}. \quad (25)$$

A (25) tekintetbevételével a (24) így alakul:

$$\frac{\Delta\psi}{\psi} = \frac{1}{r_0^2} - \frac{2n}{r_0 r} = -\frac{8\pi^2 m}{h^2} \left( E + \frac{e^2}{r} \right). \quad (26)$$

Megszorozva ez utóbbi egyenlet mindkét oldalát  $K$ -val s figyelembe véve (22a)-t:

$$K \int_0^{\tau} \frac{\Delta\psi}{\psi} dt = 2E \int_0^{\tau} dt + 2nh \sqrt{-\frac{E}{2\pi^2 m}} \cdot \frac{\tau}{e^2} \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \frac{e^2}{r} dt, \quad (27)$$

ha a jobboldali utolsó integrált szorozzuk és osztjuk  $\tau e^2$ -tel.

Azonban COULOMB-féle erők esetében a helyzeti energiának

<sup>1</sup> A. SOMMERFELD: l. c. 10. és 11. o.

<sup>2</sup> U. ö: l. c. 30. és 75. o.

egy periodusra vonatkozó középértéke <sup>1</sup> egyenlő a teljes energia kétszeresével:

$$-\frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \frac{e^2}{r} dt = \bar{E}_{\text{pot}} = 2E; \text{ és } -\bar{E}_{\text{kin}} = E. \quad (28)$$

Ezt tekintetbe véve a számítások elvégzése után (5) alapján:

$$2\tau E + 2nh \sqrt{-\frac{2}{\pi^2 m} \frac{\tau^2}{e^4} E^3} = 2\tau \bar{E}_{\text{kin}}. \quad (29)$$

A teljes energia pedig, ha  $a$  jelenti az ellipszispálya nagy tengelyének a felét:

$$E = -\frac{e^2}{2a}.$$

Behelyettesítve ezt (29)-be:

$$\tau E + nh \sqrt{\frac{e^2}{4\pi^2 m} \cdot \frac{\tau^2}{a^3}} = \tau \bar{E}_{\text{kin}}. \quad (30)$$

A harmadik KEPLER-féle törvény szerint azonban

$$\frac{\tau^2}{a^3} = \frac{4\pi^2 m}{e^2} = \text{konst.} \quad (31)$$

Tehát a gyökjel alatt lévő mennyiség 1 lesz. A (28) tekintetbevételével:

$$-\tau \bar{E}_{\text{kin}} + nh = \tau \bar{E}_{\text{kin}};$$

melyből

$$2\tau \bar{E}_{\text{kin}} = \int_0^{\tau} \frac{d\phi}{\phi} = nh; \quad (32)$$

vagyis az amplitudófüggvény segítségével alkotott időintegrál ez esetben is adiabatikus invariáns.

A (7) alapján beírva a kinetikus energia helyett a kvantum-integrálokat és  $n$  értékét is figyelembe véve:

$$\oint p_r dr + \oint p_\vartheta d\vartheta + \oint p_\varphi d\varphi = n_r h + (l+1)h. \quad (33)$$

Ez az egyenlőség ki lesz elégítve, ha

$$\oint p_r dr = n_r h; \text{ és } \oint p_\vartheta d\vartheta + \oint p_\varphi d\varphi = (l+1)h, \quad (34)$$

<sup>1</sup> SOMMERFELD: Atombau u. Spektrallinien, IV. kiadás, 772. o.

mint azt a korábbi kvantumelméletben kívántuk. Tehát a  $\phi$  függvényre vonatkozó invariancia-tétel valóban rávezet a kvantumintegrálokra.

Érdekes megvizsgálni most még azt, hogy miképpen nyerhetők az energia karakterisztikus értékei a karakterisztikus függvények felhasználásával. Ha a (20) egyenletbe behelyettesítjük is a (21) alatti karakterisztikus függvényt, a (26) alapján látszik, hogy az  $r$  benne marad. Ha azonban (27)-ben nem az egy periódusra vonatkozó időintegrált, hanem az időbeli középértéket vesszük, megkapjuk az energia karakterisztikus értékeit. Ugyanis a (29) mindkét oldalát elosztva  $2\pi h$ -vel:

$$1 + nh \sqrt{-\frac{2E}{\pi^2 m e^4}} = -1.$$

Rendezve az egyenletet és mindkét oldalon négyzetre emelve:

$$E = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2}. \quad (35)$$

## II.

### 4. Az invariancia-tétel alkalmazása a perturbáció-elméletben.

a) A  $\phi$  függvényre megállapított invariancia-tételnek figyelemreméltó gyakorlati alkalmazása is van a perturbáció-elméletben. Ha egy probléma esetén az amplitudoegyenlethez tartozó karakterisztikus energiaértékeket és függvényeket ismerjük, akkor közeleső gondolat egy kissé megváltozott potenciálfüggvény vagyis egy kis perturbáció esetén is a karakterisztikus mennyiségeket az eredeti egyenlethez tartozó értékekből valami módon meghatározni vagy más szóval a perturbációs problémát a perturbációnélküli visszavezetni. Ilyen például a következő probléma: a (3a) pontban megjelöltük a szimmetrikus oszcillátorhoz tartozó differenciálegyenlet energiaparaméterének karakterisztikus értékeit, állapítsuk meg most ezeknek alapján az aszimmetrikus oszcillátorra vonatkozó karakterisztikus energiaértékeket, ha az aszimmetria csekély. A szimmetrikus oszcillátor esetében a helyzeti energia

$$\alpha q^2, \quad \text{hol} \quad \alpha = 2\pi^2 m \nu^2;$$

az aszimmetrikus oszcillátor esetén a helyzeti energia:

$$\alpha q^2 + \beta q^3, \quad (36)$$

hol  $\beta$  egy állandó. Legyen  $\beta \ll \alpha$ ;  $\beta q^3$  a perturbációs tag.

A perturbációs kérdéseknek az említett szempontból való tárgyalására SCHRÖDINGER egy eljárást dolgozott ki.<sup>1</sup> Ennek lényege a következő. Tegyük föl, hogy ismerjük az eredeti differenciálegyenlet karakterisztikus függvényeit, melyekbe beleértjük az ortogonalitáshoz szükséges tényezőt és a normirozó konstans is; jelöljük e függvényeket továbbra is  $\psi_n$ -nel.

Kapcsoljunk most a differenciálegyenlet baloldalához egy csekély értékű perturbációs tagot:

$$= \beta r(q) \psi,$$

hol  $\beta$  egy állandó. Ekkor az eredeti karakterisztikus energiaértékeknek ( $E_n$ ) megfelelő perturbált értékek a következők:

$$E_n^{(p)} = E_n + \beta \varepsilon_n. \quad (37)$$

Az  $\varepsilon_n$  értékét jó közelítésben a következő integrál fejezi ki:

$$\varepsilon_n = \int r \psi_n^2 dq, \quad (38)$$

hol az integráció kiterjesztendő a  $q$  egész variabilitási tartományára, például  $-\infty$ -tól  $+\infty$ -ig. A közelítés olyan, hogy a  $\beta$  magasabb hatványait, tehát a  $\beta^2$ -et is elhanyagoljuk a  $\beta$  mellett.

Közeleső gondolat ezt az eljárást az előbb említett aszimmetrikus oszcillátor esetében is alkalmazni a karakterisztikus energiaértékek meghatározására. Az aszimmetrikus oszcillátorhoz tartozó amplitudoegyenlet:

$$\frac{d^2 \psi}{dq^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - 2\pi^2 m v^2 q^2 - \beta q^3) \psi = 0, \quad (39)$$

ahol

$$- \frac{8\pi^2 m}{h^2} \beta q^3 \psi = - \beta r(q) \psi \quad (40)$$

a perturbációs tag. Feladatunk a (38) alapján  $\varepsilon_n$ -et kiszámítani.

<sup>1</sup> E. SCHRÖDINGER: l. c. 440. o.



Az eredeti (perturbáció) nélküli differenciálegyenlet karakterisztikus függvényei a HERMITE-féle ortogonális függvények, melyekbe most beleértjük a normáló konstans is. A (10) alapján  $x$  helyébe  $q$ -t helyettesítve, a (38) egyenlet a jelen esetben, egy állandó faktortól eltekintve, a következő alakú lesz:

$$\varepsilon_n = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{8\pi^2 m}{h^2} q^3 e^{-\frac{4\pi^2 m \nu q^2}{h}} H_n^2 \left( 2\pi q \sqrt{\frac{m\nu}{h}} \right) dq. \quad (41)$$

A HERMITE-féle polinomok szerkezetét figyelembe véve ki derül, hogy az exponenciális tag mindig  $q$ -nak páratlan hatványával van megszorozva, tehát egy konstans tényezőtől eltekintve ilyen típusú integrálokkal van dolgunk:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2} x^{2n+1} dx, \quad (42)$$

hol  $n=0, 1, 2, \dots$ . Ezeknek az integráloknak az értéke mindig zérus. Így tehát  $\varepsilon_n=0$ , vagyis a SCHRÖDINGER-féle perturbációszámítás a jelen esetben, első megközelítésben nem vezet célhoz. Ez egészen természetesnek fog látszani a későbbiek alapján. Ha a  $\beta^2$ -es tagokat nem hanyagoljuk el, vagy a (37) kifejtésben a  $\beta^2$ -es tagokat is figyelembe vesszük, akkor meg a számítás meglehetősen bonyolult, mert szükségünk van a karakterisztikus függvények perturbációjára is.<sup>1</sup> Egyébként e számítás is az alábbival lényegben egyező eredményre vezet.

b) Itt egy csapásra célhoz jutunk az invariancia-tétel alkalmazásával s egyúttal látjuk azt is, hogy eredményeink — éppen úgy, mint a szimmetrikus oszcillátor esetében is — eltérnek a régebbi kvantumelmélet eredményétől.

Az invariancia-tételből itt az következik, hogy

$$K \int_0^{\tau} \frac{\psi''}{\psi} dq = 2 \int_0^{\tau} (E - 2\pi^2 m \nu q^2 - \beta q^3) dt = (n + \frac{1}{2}) h. \quad (43)$$

A középen álló integrál BOGUSLAWSKI<sup>2</sup> vagy BORN<sup>3</sup> eljárása

<sup>1</sup> E. FUES: Ann. d. Phys. 80. 383. és 390. o. 1926.

<sup>2</sup> S. BOGUSLAWSKI: Phys. Zsch. 15, 569. o., 1914.

<sup>3</sup> M. BORN: Vorlesungen über Atommechanik, 76. o.

szerint kiszámítható s értéke a magasabbrendű tagok elhagyásával és a  $2\pi^2 m \nu^2 = \alpha$  jelöléssel

$$\frac{E}{\nu} \left( 1 + \frac{15}{32} \frac{E\beta^2}{\alpha^3} + \dots \right) = \left( n + \frac{1}{2} \right) h, \quad (44)$$

hol  $\nu$  a szimmetrikus oszcillátor rezgésszámát jelenti ( $\beta = 0$  esetén).

A (44)-ben a zárójeles taggal átosztunk a jobboldalra és azután tekintettel arra, hogy  $\frac{\beta^2}{\alpha^3}$  igen kicsiny szám sorfejtést végzünk:

$$E = \left( n + \frac{1}{2} \right) h\nu \left( 1 - \frac{15}{32} \frac{E\beta^2}{\alpha^3} + \dots \right). \quad (45)$$

A zárójelen belül első közelítésben legyen:

$$E = \left( n + \frac{1}{2} \right) h\nu \quad \text{és} \quad -\frac{15}{32} \frac{\beta^2}{\alpha^3} = \frac{A}{2} < 0, \quad (46)$$

ekkor

$$E_n = \left( n + \frac{1}{2} \right) h\nu + \frac{A}{2} \left( n + \frac{1}{2} \right) (h\nu)^2. \quad (47)$$

Ha tekintetbe vesszük azt, hogy a (45) alatti energiakifejezésben a  $\beta$  első hatványának együtharatója zérus, természetesnek találjuk az  $a$ ) pontban elért eredményt.

## 5. Aszimmetrikus oszcillátorrendszerek termodinamikája.

Gondoljunk  $N$  számú aszimmetrikus oszcillátorból álló rendszerre, melyek között a kölcsönhatásokat elhanyagoljuk s vizsgáljuk meg, hogy az új kvantumelmélet nyújtotta energiakifejezés egyensúly esetén milyen változásokat okoz egy ilyen rendszerre vonatkozó termodinamikai kifejezésekben. E kérdés tárgyalásakor a BOLTZMANN—PLANCK-féle statisztikai mechanikai eljárást követjük. Mindenekelőtt a szabad energia értékét számítjuk ki, melyből a többi függvények nyerhetők.

$$F = -NkT \log \sum e^{-\frac{E_n}{kT}}. \quad (48)$$

Behelyettesítve az  $K_n$  értékét:

$$F' = -NkT \log \sum e^{-\frac{(n+\frac{1}{2})h\nu}{kT} - \frac{A}{2} \frac{(n+\frac{1}{2})^2 (h\nu)^2}{kT}}. \quad (49)$$

Mivel  $A$  negatív, a jobboldali sor divergens, ha  $n=\infty$ -ig összegezzünk. A valóságban azonban mindig a sornak csak sok, de végezzámú tagja szerepel s e tagokban a jobboldalon álló exponenciális mennyiség második része sorának első tagjaival helyettesíthető. Ha ezt a véges sort már most a kényelmesebb összegezés céljából végtelen sorrá egészítjük ki, ami fizikai szempontból megengedhető, mert a magasabbrendű hozzáadandó tagok összege elenyésző csekély a többiekéhez képest, úgy a következőre jutunk:

$$F = -NkT \log \sum_0^\infty e^{-\frac{(n+\frac{1}{2})h\nu}{kT}} \left( 1 - \frac{A}{2} \frac{(n+\frac{1}{2})^2 (h\nu)^2}{kT} \right). \quad (50)$$

Elvégezve az összegezést:

$$F = -NkT \log \left\{ \frac{e^{-\frac{h\nu}{2kT}}}{1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}} \left[ 1 - \frac{A}{2} \frac{(h\nu)^2}{kT} \left( \frac{e^{-\frac{h\nu}{kT}}(1 + e^{-\frac{h\nu}{kT}})}{(1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}})^2} + \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. + \frac{e^{-\frac{h\nu}{kT}}}{1 - e^{-\frac{h\nu}{kT}}} + \frac{1}{4} \right) \right] \right\}. \quad (51)$$

A régi kvantumelmélet megfelelő formulájában<sup>1</sup> az első pontozott vonallal körülzárt tag helyett 1 szerepel, a második hasonlóan megjelölt rész pedig teljesen hiányzik. Ha a

$$\frac{h\nu}{kT} \ll 1, \quad (52)$$

akkor, amint sorfejtésekkel meggyőződhetünk róla, a szabad energia a következő lesz:

$$F = N \frac{h\nu}{2} + RT \log \frac{h\nu}{kT} + ARkT^2.$$

<sup>1</sup> M. BORN u. E. BRODY: Zschr. f. Phys. 6, 132. o., 1921.

Ez a formula, az első tagtól eltekintve, egyezik a régi kvantumelmélet eredményével.

Ebből ismeretes módon kiszámítható az entropia, az energia és az állandó térfogat melletti fajhő is. Az utóbbira kapjuk a következő eredményt:

$$C_v = -T \frac{\partial^2 F}{\partial T^2} = R(1 - 2R\sigma T), \quad (53)$$

hol

$$\sigma = \frac{A}{N}, \quad A < 0. \quad (54)$$

Ez a formula a rendelkezésre álló tapasztalati eredményekkel összhangzásban van és kifejezi a fajhő viselkedését magas hőmérsékleten.

Ha az (52) feltétel nincs teljesítve, akkor eltérések vannak a két elmélet eredményei között.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929 jún. hó 3.-án tartott üléséből.)



# UNTERSUCHUNGEN AUS DEM GEBIETE DER NEUEREN QUANTENTHEORIE.

Von ELEMÉR CSÁSZÁR, korr. Mitglied der Akademie.

Verfasser weist nach, dass die in der SCHRÖDINGER'schen Wellen- oder Amplitudengleichung auftretende Funktion  $\psi$  die Eigenschaft hat, dass das Integral:  $\int_0^{\tau} \frac{J\psi}{\psi'} dt$  für periodische Bewegungen adiabatisch invariant ist, wenn man einen Parameter der Bewegung einer unendlich langsamen Veränderung unterwirft. Daraus folgt sofort der Zusammenhang der Funktion  $\psi$  mit den Quantenintegralen. Der obige Satz wird auf spezielle Fälle angewendet: auf den harmonischen Oscillator, auf die KEPLER-Ellipse. In der Folge behandelt der Verfasser ein Störungsproblem, nämlich das Problem des anharmonischen Oscillator's und berechnet die wichtigsten neueren thermodynamischen Formeln für Systeme, die aus solchen Elementen bestehen.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 3. Juni 1929.)

## KÍSÉRLETI ÖKOLÓGIAI TANULMÁNYOK A BALATON VIDÉKÉN.

### 1. Párolgásmérések különböző növénysszövetkezetekben.

(Előzetes közlemény.)

SOÓ REZSŐ-től (Tihany).

A Magyar Biológiai Kutatóintézet fennállásának első évében — a magyar vizek virágos vegetációjának rendszertani és szociológiai feldolgozásán kívül (l. Archivum Balatonicum, II. 1928. 45—79. I. rész) — megkezdtem a Balatonvidék növénysszociológiai-szinökológiai feldolgozását. A növénysszövetkezetek felvételezésén és leírásán kívül (eddig mintegy 60 asszociációt különböztettem és elemeztem meg, v. ö. Archivum Balatonicum I. c. 132—134, a metodikára vonatkozólag l. Zur Nomenklatur und Methodologie der Pflanzensoziologie, 1927, Berlin; Geobotanische Monographie von Kolozsvár I., 1927. 5—9. és A modern növényföldrajz problémái, 1929. Budapest c. munkáimat) különösen a talajviszonyokat (mésztartalom és aciditás meghatározása) és a klimatikus tényezők hatásait tanulmányoztam. A párolgásmérések PICHE-féle evaporimetekkel történtek júniustól szeptemberig havonta egyszer. Kísérleti területül szolgált a tihanyi félsziget nyugati partvidéke, a Csúcshegy (235 m absz. magasság) és környéke. A vizsgált növénysszövetkezetek:

Erdőtípusok: *Pinus nigra*-ültetvény,

*Robina-Pinus* kevert ültetvény,

*Ulmus campestris* - *Fraxinus ornus* - *Acer campestre* Ass. (kevert lombos erdő, *Quercus sessilis-lanuginosa*-val),

ugyanaz, mint törpeerdő (kulturfácies).

Cserjések: *Crataegus monogyna*-*Prunus spinosa* Ass. (cserjés legelő),  
*Cotinus coggygria*-*Quercus lanuginosa* Ass.

Réttípusok: *Agrostis alba*-*Carex distans* Ass.  
*(Festuca sulcata)*-*Cynodon dactylon*-*Lolium perenne* legelő, *Verbascum speciosum*mal.

Sztyeprétek: *Festuca sulcata*-*Stipa joannis* Ass.

Sziklai növényoszvetkezetek: *Grimmia*-*Sedum* Ass.

Mocsári növényoszvetkezetek: *Carex riparia* Ass.

*Schoenoplectus lacustris* Ass.

*Phragmites vulgaris* Ass.

Kultúrák: *Lavandula spica*-ültetvény.

Összehasonlításl: szabadon a levegőben a sziklák és a csúcs felett.

Egy nap mérései eredményeinek beható tárgyalása. Példa: VIII. 28.

Általános klimakarakter: Felhőtlen, délután szeles, igen forró nap. A hőmérséklet és a levegő nedvességének napi ingadozása:

<i>h</i> :	8	10	12	14	16	18	20	
<i>T</i> :	24	25	28	30,5	30	27	22,5	Max.: 31,7 C.
<i>H</i> :	65	75	72	74	72	72	70 %	

Napsütés: 18<sup>h</sup> 10—15 percig. A szél sebessége (a 10. számú evaporimeter helyén mérve) délelőtt 10 órakor 1,6 m pro sec, délután 17 óra 30 perckor 3 m pro sec. Az evaporimeterek felállítása (Summa = az elhasznált vízmennyiség összege 10<sup>h</sup>—18<sup>h</sup> 30'):

No	Asszociáció	A hely közlebbi meghatározása	Expozíció, relatív magasság	Magasság a talaj felett	Summa cm <sup>3</sup>	
1.	<i>Robinia</i> -erdő	Akác tövében, árnyékában d. e., napsütésben d. u.	(SW)	3 m	5 cm	2,05
2.	<i>Schoenoplectus lacustris</i> Ass.	Napsütésben, d. u. hullámverés	(SW)	6 "	7 "	2,30
3.	<i>Carex riparia</i> Ass.	Napsütésben, egy zsombék közepében	(SW)	1 "	12 "	1,95
4.	<i>Phragmites</i> Ass.	Nád tövében, árnyékban	(SW)	0 "	3 "	1,75

No	Asszociáció :	A hely közelebbi meghatározása :	Expositio, relatív magasság	Magasság a talaj felett	Summa cm <sup>3</sup>
5.	<i>Phragmites</i> Ass.	Felső nádlevelek magasságában, szélnek kitéve napsütésben	(SW)	0 m 210 cm	4,30
6.	<i>Pinus nigra</i> -erdő	<i>Crataegus monogyna</i> levelek magasságában, árnyékban	(SW)	3 « 130 «	(2,35)
7.	<i>Prunus spinosa</i> - <i>Crataegus monogyna</i> Ass.	<i>Prunus spinosa</i> levelek magasságában, napsütésben	(SW)	3 « 45 «	5,50
8.	<i>Andropogon ischaemum</i> aspectus ( <i>Festuca-Cynodon-Lolium</i> legelő)	<i>Verbascum speciosum</i> termőhely, a levelek magasságában, napsütésben	NW-W	10 « 10 «	8,45
9.	<i>Fraxinus ornus</i> -erdő (kultúrfacies)	Cserjék ( <i>Crataegus</i> etc.) leveleinek magasságában, árnyékban	NW-W	10 « 150 «	4,60
10.	<i>Laraulula spica</i> -ültetvény	Napsütésben	SO—O	25 « 5 «	7,40
11.	Szabadon függő	evaporimeter, labilis, szélnek kitett, sziklák felett	S—SW	25 « 5 «	9,40
12.	<i>Fraxinus ornus</i> kevert erdő	Erdőszélén a tetőn, <i>Glechoma hirsutum</i> termőhely, árnyékban	. . . .	100 « 30 «	4,75
13.	<i>Grimmia-Sedum</i> Ass.	Sziklafelület, szélnek kitett, napsütésben	S	120 « 7 «	10,60
14.	Szabadon függő	evaporimeter, labilis, szélnek kitett, a Csúcshegy kúpján	. . . .	125 « 200 «	8,90
15.	<i>Festuca sulcata-Stipa joannis</i> Ass.	Napsütésben	W	105 « 5 «	8,95
16.	Ugyanaz	Napsütésben, a gerincen	. . . .	110 « 5 «	8,60
17.	Ugyanaz	Napsütésben	O	105 « 5 «	6,45
18.	<i>Cotinus coggygria-Quercus lanuginosa</i> Ass.	<i>Cotinus</i> levelek magasságában, napsütésben	W	105 « 120 «	7,90
19.	<i>Ulmus-Fraxinus-Acer</i> kevert erdő	<i>Hedera helix</i> termőhely, árnyékban	O—NO	85 « 10 «	2,85
20.	<i>Pinus nigra</i> -erdő	Félárnyékban	O—NO	80 « 40 «	(3,95)



Ezen alkalommal az *Agrostis alba-Carex distans* Ass.-ban nem mértünk párolgást, ezért közlöm az elpárolgott vízmennyiségek értékeit VII 11-ről (9<sup>h</sup>—18<sup>h</sup> 30')

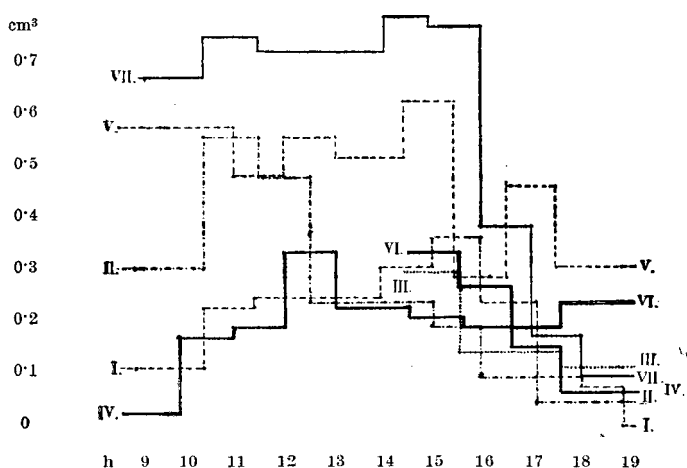
1. <i>Robina</i> -erdő	3,85
2. <i>Agrostis-Carex</i> Ass.	1,85
3. <i>Carex riparia</i> Ass.	1,35
4. <i>Phragmites</i> Ass. alatt	1,05
5. Ugyanaz, magasban	1,35
6. <i>Pinus</i> -erdő	2,85
7. <i>Prunus-Crataegus</i> Ass.	3,85
8. <i>Verbascum speciosum</i> termőhely	5,60
9. <i>Fraxinus</i> -erdő	4,75
10. <i>Lavandula</i> -kultúra	4,45
11. Szikla, szabadon	9,75

Az intézet előtti standard evaporimeter (szabadon, napsütésben) párolgás összege: 7,35 cm<sup>3</sup> (VIII/28.)

A különböző növénysszövetkezetekben, illetőleg termőhelyeken a párolgás nagyságának százalékos összehasonlítása, ha a legmagasabb érték (No. 13: 10,60 cm<sup>3</sup>) 100%.

1. <i>Sedum-Grimmia</i> Ass. (szikla)	100 %
2. Szabadon, szikla felett	89,5 "
3. <i>Festuca sulcata</i> Ass., W-Exp.	84,2 "
4. Szabadon, 2 m magasban a csúcson	83,7 "
5. <i>Festuca sulcata</i> Ass., a gerincen	80,8 "
6. <i>Verbascum speciosum</i> termőhely	79,4 "
7. <i>Cotinus coggygria</i> Ass.	74,3 "
8. <i>Lavandula</i> -kultúra	69,6 "
9. <i>Festuca sulcata</i> Ass., O-Exp.	60,6 "
10. <i>Prunus-Crataegus</i> Ass.	51,7 "
11. <i>Fraxinus ornus</i> kevert erdő	44,65 "
12. Ugyanaz, kultúrfacies	43,25 "
13. <i>Phragmites</i> Ass., magasban	40,4 "
14. <i>Pinus nigra</i> -ültetvény	37,1 "
15. <i>Ulmus-Acer-Quercus</i> kevert erdő	26,8 "
16. <i>Pinus nigra</i> kevert erdő	22,1 "
17. <i>Schoenoplectus</i> Ass.	21,6 "

18. <i>Robinia</i> kevert erdő	19,3 %	{ (feltűnő érték, l. alább)
19. <i>Carex riparia</i> Ass	18,3 "	
20. <i>Phragmites</i> Ass., tövében	16,42 "	
Standardevaporimeter	69,2 "	



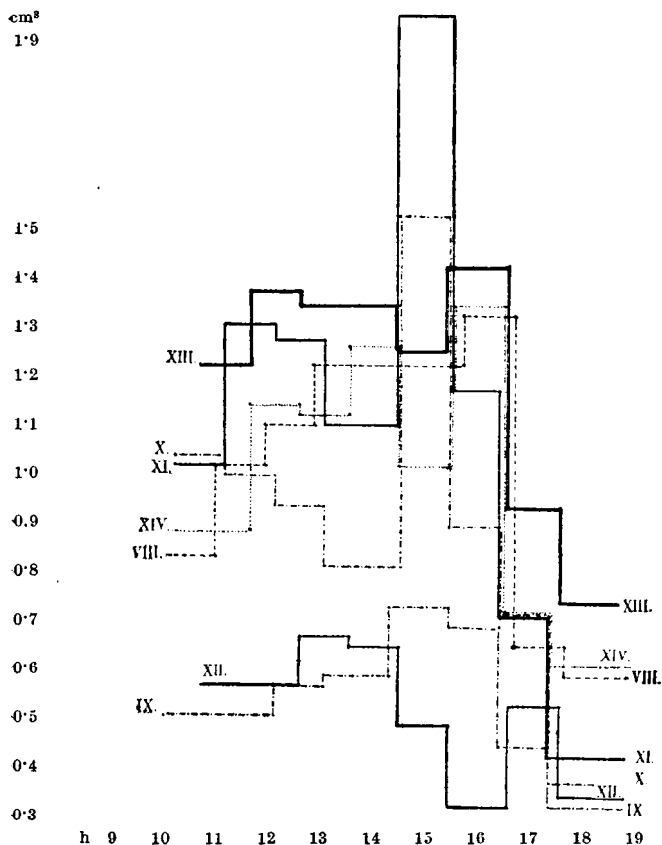
1. ábra. — Figur 1.

Evaporimeter: { W-SW-oldal, a Csúcshegy tövében.  
W-SW Seite, am Fusse von Csúcshegy.

I. <i>Robinia</i>	5 cm (SW)	XI. Fels-Szikla	5 cm SW
II. <i>Schoenoplectus</i>	7 "	XII. <i>Fraxinus ornus</i>	30 W
III. <i>Carex riparia</i>	12 "	XIII. Fels (Sedum)	7 SW
IV. <i>Phragmites</i>	3 "	XIV. Gipfel-Csúcs	2·00
V. "	2·10 "	XV. <i>Festuca sulcata</i>	5 W
VI. <i>Pinus nigra</i>	1·30 "	XVI. " Grat-Gerinc	5
VII. <i>Prunus spinosa</i>	45 "	XVII. " "	6 O
VIII. <i>Verbascum spec.</i>	10 NW-W	XVIII. <i>Cotinus</i>	1·20 W
IX. <i>Fraxinus ornus</i>	1·50	XIX. Mischwald-Erdő	40 O-NO
X. <i>Lavandula</i>	5 SO-O	XX. <i>Pinus nigra</i>	40 O-NO

Legnagyobb a párolgás az exponált szikla-termőhelyeken (kb. hatszorosa a legalacsonyabb, a nádas tövében kapott értéknek), azután jönnek a «pannóniai» sztyep-rétek, füves lejtők (valamint a legelők és a *Cotinetum*), mint jellemző xerophil asszociációk (4—5-ször nagyobb, mint a nádasban), a harmadik csoportot képezik a subxerophil-cserjések és erdők (másfélszer—

háromszor nagyobb, mint a nádasban), — de ebbe a csoportba tartozik a nádas felszíne is, a *Phragmites* xeromorphiájának egyik megokolása, ahol különösen szélben rendkívül emel-



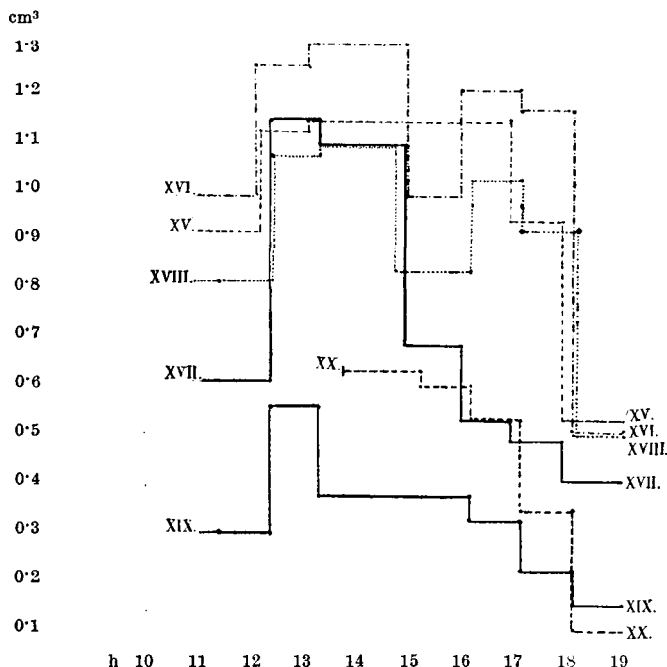
2. ábra. — Figur 2.

Evaporimeter: { S-SO-oldal, a Csúcshegy csúcsáig.  
S-SO Seite, bis zum Gipfel.

kodik a párolgás — végül a mocsári, helophyta növényyszövetkezetek. A 18. számú evaporimeter párolgásértéke erről a napról nem látszik megbízhatónak, v. ö. a VII/11.-ről származó értékeket, amelyek helyesebb egymásutánt mutatnak. (Napos,

szélesendes napról, ezért a nád párolgása a magasban alig több, mint a tövében.)

A legfontosabb tényezők, amelyek atmoszféra párolgató erejét (számokban kifejezve azon vízmennyiség, amelyet az atmoszféra időegység alatt valamely benedvesített felületről víz-

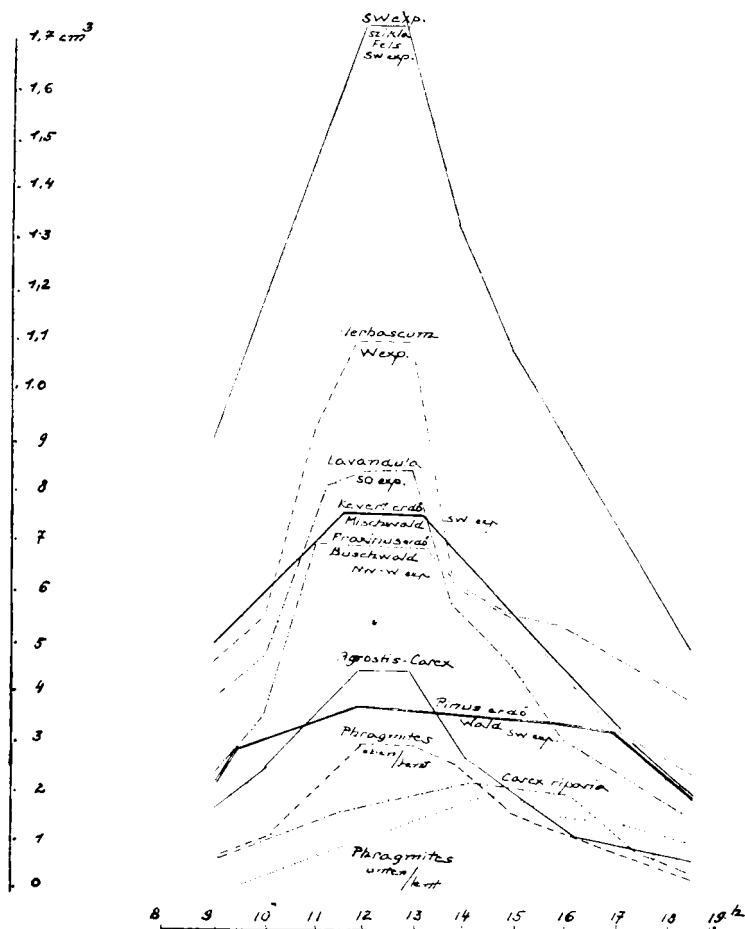


3. ábra. — Figur 3.

Evaporimeter: { A Csúcshegy gerince és lejtői.  
Grat und Abhänge von Csúcshegy.

gőz alakjában felvesz), tehát a párolgást befolyásolják, a következők: a levegő telítettségi deficitje (maga is faktorkomplex, függ a relatív nedvességtől és a hőmérséklettől), a fény (a megvilágítás a párolgó felület hőmérsékletét a levegő hőmérséklete felé emeli) és a szél erőssége. A görbék (l. 4. tábla) délelőtt a hőmérséklet gyors emelkedésével és az erősödő napsugárzással meredeken szállnak fel, délután általában lassabban, nap-

lemente után pedig hirtelen esnek le; hűvös, csendes éjeken a párolgás teljesen megszűnik, meleg, viharos éjszakákön elég jelentős marad. A görbék lefutásában (l. 1—3. ábra) a legtöbb



4. ábra. — Figur 4.

11. VII. 1928. Tihany, Csúcshegy W-oldala-Seite.

rendellenességet a levegő mozgása okozza, így a nád felső leveleinek párolgása szeles napon 2,45-szöröse a nád árnyékában mért párolgásnak, míg szélcsendes napon alig (1,28-szorta) na-

gyobb. VIII. 28. d. u. 14<sup>h</sup> 30—15<sup>h</sup> 30 közt erős légáramlat volt a csúcshegy déli lejtőjén (—5 m per sec sebességgel), innen a 10—11. evaporiméterek maximuma, később inkább a csúcs körül, v. ö. 13—14. evaporiméterek értékeivel.

Az egyes görbék különböző lefutását az egyes terméyek lokálklimatikus különbségei határozzák meg, így a relatív magasság (a Balaton víztükre felett) és az expozíció. A tó partján felállított evaporiméterek (északkeletről védve, alig kitetten napnak és szélnek) többé-kevésbbé hasonló lefutást mutatnak, egy délelőtti-déli maximummal (No. 2—7). A *Phragmites* görbe kétcsúcsú, v. ö. a délutáni széllel, a *Robinia* termőhely is csak délután kap napot. A szélnek erősen kitett pontoknak kettőscúcsú görbéik vannak, a déli maximumon kívül szelokoza délutáni maximumokkal (No. 10—11, 13—14, 16, sziklák, csúcs, gerince), a keleti expozíciójú helyekre a délelőtti-déli maximum jellemző (No. 10, 17, 19—20), a nyugatnak kitett termőhelyeken délutáni (néha a késő délutánba nyúló) maximum jellemző (No. 8, 15, 18). Legszebben mutatják e különbségeket a *Festuca sulcata* asszociáció három görbéje, (az evaporiméterek egymástól kb. 10 m távolságra voltak felállítva) a No. 17. a keleti lejtőn délelőtti maximumot mutat, a No. 16 a gerincen a szél befolyását, a No. 15-é lapos csúcsú görbe (egész 17<sup>h</sup>-ig), hasonló a mellette, de 1,2 m magasságban felállított No. 18-éhoz, amelynél már a szél hatása is kifejezésre jut. Ami a magasságot és az ezzel kapcsolatban álló expozíciót és a mikroklimatikus különbségeket illeti, két példára utalok: a *Fraxinus* termőhelyen fenn (cca 210 m abszolút magasság) 4,75 cm<sup>3</sup> párolgott el, 90 m-el lejjebb csak 4,60 cm<sup>3</sup>, — a *Pinus nigra* termőhelyén fenn (190 m) 3,95 cm<sup>3</sup>, a parton (110 m) csak 2,35 cm<sup>3</sup> (szél-től védett helyen).

Nagy befolyást gyakorol a fény is a párolgásra. EDER-HECHT-fotometerrel történt mérések (10 perc megvilágítással, délben)

	Fényerősség BUNSEN-ROSCOE egységekben		
14. Szabadban	525 BR	8,9 cm <sup>3</sup>	1,15 cm <sup>3</sup>
20. <i>Pinus</i> -erdő, félárnyékban	74 "	3,95 "	0,60 "
12. Kevert lomberdő szélén	18 "	4,75 "	0,55 "
19. Kevert erdő közepében	10,3 "	2,83 "	0,40 "

A második oszlop az egésznapig párolgás összegét (10—18<sup>h</sup> 30), a harmadik a korai délutáni órák (10—16<sup>h</sup>) középértékét adják.

*Jegyzet.* 1928 tavaszán több párolgásmérést tettem a LIVINGSTONE-SHIVE féle atmométerekkel is, egy tölem módosított felállításban. Ezeknek eredményeiből álljanak itt a következő értékek:

	Fényerősség (10')	Párolgás	Felhőzet
IV. 21. Robinietum (lombosodás előtt)	130 BR	330 mm <sup>3</sup>	napfény
Pinetum nigræ	75 "	260 "	"
IV. 24. No. 8. evaporimeter } helye	26 "	320 "	felhős
No. 20. evaporimeter }	32 "	330 "	félíg borús
IV. 26. Intézeti park, napfény	370 "	250 "	napfény
U. o. félárnyék	84 "	225 "	"
U. o. árnyék	33 "	120 "	"
V. 4. No. 8. evaporimeter } helye	145 "	590 "	"
No. 9. evaporimeter }	7 "	320 "	"

Ezeket a párolgásméréseket a következő évben havonta ismételve és újabb növényoszövetkezeteket is belevonva fogom folytatni. H. WALTER metodikáját követtem (v. ö. Einführung in die Pflanzengeographie Deutschlands 1927. 153—158. — Jahrb. f. wiss. Botanik 1928, 233—238.). Céloom továbbá egy és ugyanazon növényoszövetkezet keretein belül, továbbá ugyanazon faj különböző termőhelyein, valamint a különböző időjárási típusú napokon (1. tiszta, csendes, felhőtlen napok, l. 4. ábra, — 2. tiszta, viharos napok, — 3. felhős, viharos napok; felhős, esős napokon alig vannak nagyobb különbségek, v. ö. WALTER, l. c. 281.) a párolgásviszonyokat meghatározni. A xeromorphia kérdéséhez, továbbá a párolgás intenzitásának a termőhely nedveségétől való függetlenségének, a klímaternyezőző hatásainak (telítettségi deficit, hőmérséklet, — a levegő abszolút víztartalmától teljesen független a párologtató ereje — fény és légmozgás) kér-

déséhez az összes kísérletek eredményeinek összefoglalása alkal-  
mából fogok hozzászólni.

Tanáccsal és tettel támogatott kedves barátom, dr. H. WAL-  
TER, heidelbergi egy. ny. rk. tanár, a méréseknél rajta kívül neje,  
továbbá MAGYAR PÁL erdőmérnök, — aki alföldi növényiszövet-  
kezetekben végzett 1928 nyara folyamán hasonló méréseket — és  
SZEMES GÁBOR stud. rer. nat. vettek részt. Fogadják mindnyájan  
hálás köszönetem.

---

(M. T. Akadémia III. osztályának 1929 február hó 18.-án tartott üléséből.)



## EXPERIMENTAL-ÖKOLOGISCHE STUDIEN AM BALATON.

### 1. Transpirationsmessungen in verschiedenen Pflanzen- gesellschaften.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von R. v. SOÓ (Tihany am Balaton).

Im ersten Jahre des Bestehens des Ungarischen Biologischen Instituts hat der Verfasser — neben systematisch-ökologischen Studien über die phanerogame Wasservegetation Ungarns — die pflanzensoziologische-synökologische Bearbeitung des Balatongebietes begonnen. Ausser den Aufnahmen und der Beschreibung der bisher bekannten, verschiedenen 60 Assoziationen hat er die Bodenverhältnisse (besonders Kalkgehalt und  $pH$ ) und die Wirkungen der Klimafaktoren untersucht.

Die Transpirationsmessungen wurden mit den PICHE'schen Evaporimeter in den Monaten Juni—September durchgeführt. Als Untersuchungsgebiet diente die Westseite der Halbinsel von Tihany, der Csúcshegy (235 m) und dessen Umgebung. Die Tabelle auf der S. 602—612 gibt die Ergebnisse der Messungen eines Tages (28. August 1928), der wolkenlos, nachmittags windig und sehr heiss war. (Siehe den Verlauf der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit S. ebendort). Summa bedeutet die verbrauchte Wassermenge in  $\text{ccm}^3$  von 10<sup>h</sup>—16<sup>h</sup> 30'. Zum Vergleich dienen die Werte des Versuches am 11. Juli 1928 (9<sup>h</sup>—18<sup>h</sup> 30') siehe Seite ebendort. Die prozentuelle Vergleichung der Transpirationsgrösse der verschiedenen Assoziationen liest man der folgenden Aufzählung auf Seite ebendort aus.

Am grössten ist die Transpiration an den exponierten Felsenstandorten, dann kommen die «pannonischen» Wiesenstep-

pen, nebst Weiden und das Cotinetum, als typische xerophile Pflanzengesellschaften; die dritte Gruppe bilden die subxerophilen Gebüsch und Wälder — jedoch gehört in diese Gruppe auch die obere Schicht des Schilfes, wo besonders im Wind die Transpiration enorm steigt — endlich kommen die helophytischen Assoziationen.

Die hauptsächlichsten Faktoren, die die Verdunstungskraft der Atmosphäre bestimmen, sind: Sättigungsdefizit der Luft, Besonnung und Windstärke. Vormittags steigen die Kurven (vgl. Figur 1—4) mit der raschen Erhöhung der Temperatur und der sich verstärkenden Besonnung steil auf, nachmittags fallen sie langsamer ab. Die meisten Unregelmässigkeiten im Verlauf der Kurven verursacht die Luftbewegung, z. B. die Transpiration der Schilfblätter ist an einem windigen Tage 2·5-mal so gross, als im Schatten, an einem windstillen Tage kaum grösser. Den speziellen Verlauf der Kurven bedingen die lokalklimatischen Unterschiede der einzelnen Standorte, besonders die relative Höhe und die Exposition. Die stark windexponierten Standorte haben doppelgipflige Kurven, neben Mittagsmaxima auch windbedingte Nachmittagsmaxima, die Standorte mit O-Exposition ein Vormittagsmaximum, die mit W-Exposition ein Nachmittagsmaximum, vgleiche die drei Kurven der *Festuca sulcata* Ass.

Sehr grossen Einfluss übt auch das Licht auf die Verdunstung, Messungen mit EDER-HECHT'schen Photometer, siehe Seite 610, 611, wo die Verdunstungskraft verschiedener Standorte mit verschiedener Lichtintensität (in BUNSEN-ROSCOE Einheiten) in  $\text{ccm}^3$  angegeben wird.

Die Transpirationsmessungen sollen im nächsten Jahre wiederholt fortgesetzt werden, die Frage der Xeromorphie, ferner der Unabhängigkeit der Transpirationsintensität von der Feuchtigkeit des Standorts und die Fragen der Wirkungen der Klimafaktoren wird Verfasser später besprechen.

Verfasser dankt seinen allen Mitarbeitern, besonders Herrn Prof. Dr. H. WALTER, Heidelberg, dessen Methoden er gefolgt hat.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ung. Akademie der Wissenschaften vom 18. Februar 1929.)

## A MELANDRIUM ALBUM POLLENTÖMLŐINEK HOSSZÚSÁGA ÉS A NEMISÉG DETERMINÁCIÓJA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS.

GREGUSS PÁL-tól.

(Egy ábrával.)

Az 1927. év nyarán arra vonatkozólag végeztem kísérleteket, hogy a kétlakú *Melandrium album* különböző nagyságú virágszemei és a nemiség meghatározása között van-e valami okozati összefüggés.<sup>1</sup> A befejezett kísérletek azt eredményezték, hogy a *Melandrium album* kétféle nagyságú virágporszemei közül<sup>2</sup> a nagyobb porszemek általában a hímnemet, a kisebbek pedig a nőnemet determinálják, míg a közép nagyságú pollenekkel megtermékenyült magkezdeményekből felerészben hím és felerészben nőnemű egyedek fejlődnek. Ezek a kísérletek tehát azt látszanak igazolni, hogy a kétlakú növények ivari sejtjei tehát a pollenszemek nagysága és a nemiség determinációja között határozott összefüggés van. A *Bryonia dioica*-val végzett ezidei kísérleteim is a fenti eredményt igazolják.<sup>3</sup> Ezt a nagy-jelentőségű eredményt más oldalról is megpróbáltam igazolni.

<sup>1</sup> GREGUSS P.: A virágporszemek nagysága és a nemiség meghatározására vonatkozó vizsgálataim. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der Pollengrösse und der Geschlechtsbestimmung. (Stefan Tisza Gesellschaft in Debrecen, III. B. 1 H. 1927.)

<sup>2</sup> GREGUSS P.: Die Pollen der diözischen und monözischen Pflanzen. (Math. u. Naturw. Anzeiger d. Ung. Akademie der Wissenschaften, B. XLIV. Budapest, 1927.)

<sup>3</sup> GREGUSS P.: A *Bryonia dioica* virágporszemeinek nagysága és a nemiség meghatározása. (Botanikai Közlemények, Budapest, 1929.)

Ismeretes tény ugyanis, hogy például a heterostyl virágok különböző nagyságú pollent termelnek és pedig a mikrostyl virágok nagyobbakat, a makrostylek pedig kisebbeket. A virágporszemek nagysága tehát a másik virág bibeszálának a hosszával van szoros összefüggésben. Ha például «illegitim» megporzáskor a makrostyl virág kisebb virágporszeme jut ugyanazon virág hosszú bibeszálára, a rendes magképzés többnyire elmarad, mert a kisebb virágporsem tömlője a hosszú bibeszálon át nem jut le a magkezdeményekig. A kukoricánál is azt látjuk, hogy a hosszú bibeszálaknak megfelelően a virágporszemek is jóval nagyobbak a többi anemophyl Gramineae virágporszemeinél.

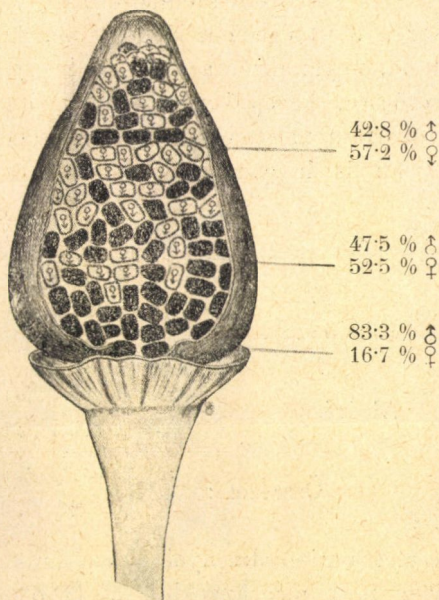
Mindezekből a kétségekivül megállapított tényekből most már az is feltehető, hogy a nagyobb polleneknek valószínűleg hosszabb pollentömlőjük lehet és így azok a bibe hegyétől mélyebbre is lehatolhatnak, mint a kisebb pollenek tömlői. Azt pedig a fenti kísérletekből egész határozottan megállapítottam, hogy a nagyobb pollen megtermékenyítéséből főleg hím, a kisebbek megtermékenyítéséből pedig inkább nőnemű egyedek fejlődnek.

Ilyen kísérleti és tapasztalati tények alapján a következő meggondolásból indultam ki. Ha a *Melandrium album* különböző nagyságú virágporszemei a nemek meghatározásában szerepet játszanak és feltéve, hogy azok különböző hosszúságú pollentömlőt hajtanak, úgy igen valószínű, hogy például a hím-nemet determináló nagyobb pollenek pollentömlői mélyebbre is lejuthatnak, mint a kisebbekéi és így a mélyebben fekvő magkezdeményeket inkább meg tudják termékenyíteni, mint a kisebb pollenek tömlői. Ha a feltevés helyes, akkor ez valószínűleg a keletkezett magvak egymáshoz való viszonyában is kifejezésre fog jutni.

A kérdést eldöntendő, az egyik *Melandrium album* 3 ♀ virágját meglehetősen sok pollennel mesterségesen úgy poroztam meg, hogy az öt bibeszál mindegyikére egy-egy portok tartalmát rákentem. Az így kapott három, félig érett termésnek az oldalát óvatosan felnyitottam, hogy a benne levő, de még a maglécekről le nem hullott magvakhoz szabadon hozzájuthassak. Ez a munka nagy türelmet igényelt, mert a már majdnem teljesen

megérett magvak a maglécekről a legkisebb érintésre is lehullottak.

A termésfal felnyitása után következett a legnehezebb munka, tudniillik az egyes magvak megszámozása, egymáshoz való elhelyezkedési viszonyainak pontos megállapítása és annak természethű nagyított lerajzolása (l. a rajzot). Ezzel azt akartam



A nemek megoszlása a *Melandrium album* termésén belül. A fekete foltok a himnemet, a fehérek a nőnemet képviselő magvak természetes helyzetét mutatják.

elérni, hogy minden egyes magról tudjam, vajjon a termésnek mely részéről való és hogy a közvetlen szomszédságában mely magvak helyezkedtek el.

A megszámozott és topografialag is megállapított magvakat külön-külön papirostatásokban helyeztem el, hogy azokat a következő tavasszal elvessem. Az egyik termésben összesen csupán 98 mag pontos topografiai helyét tudtam megállapítani, mert a másik két termésben egyes érett magvak a maglécekről már előbb lehullottak.

Ezt a 98 magot ez év tavaszán, április 15-én vetettem el. A csirázás már egy hét múlva megindult, sőt az első virág június 23.-án ki is nyílt. Kezdetben inkább a him példányok nyitottak, míg a nőpéldányok általában 5—6 nappal később kezdtek virágozni. A virágzással egyidőben mindegyik példánynak a nemét is megállapítottam. A kísérlet eredményét különben a mellékelt rajz világosan szemlélteti.

Amikor a múlt évben a kísérleti példány magvait a termésről leszedtem, ugyanakkor a termést képzeletben három részre és pedig csúcsra, középső részre és alsó harmadra osztottam. Ezzel azt akartam megtudni, hogy a nemeket létrehozó magvak viszonylagosan is hogyan oszlanak meg a termés különböző helyein.

Csúcs	— — — —	$\left\{ \begin{array}{l} 12 \delta (42.8 \%) \\ 16 \varphi (57.2 \%) \end{array} \right. = 28$
Közép	— — —	$\left\{ \begin{array}{l} 19 \delta (47.5 \%) \\ 21 \varphi (52.5 \%) \end{array} \right. = 40$
Alsórész	— — —	$\left\{ \begin{array}{l} 25 \delta (83.3 \%) \\ 5 \varphi (16.7 \%) \end{array} \right. = 30$
Összesen:		$\left\{ \begin{array}{l} 56 \delta (57.1 \%) \\ 42 \varphi (42.9 \%) \end{array} \right. = 98.$

A kísérlet fenti eredményeiből az tűnik ki, hogy a csúcson megtermékenyített magrügyekből a 12  $\delta$  példánnyal szemben 16  $\varphi$  példány keletkezett. A középső részen az arányszám egy kissé eltolódott, amennyiben 40 mag közül 19-ből lett  $\delta$  és 21 magból  $\varphi$  példány, míg a termés alsó harmadán keletkezett magvakból főleg him egyedek (5  $\varphi$  : 25  $\delta$ ) fejlődtek.

A fentihez hasonló kísérleteket én előttem CORRENS<sup>1</sup> is végzett, aki a kétféle nemet determináló virágporszemek pollenjeinek növekedési gyorsaságából akart következtetni a nemiség keletkezésére. Kísérleteiből azt állapította meg, hogy a termés csúcsáról vett magvak nagyrészből (65.1%) főleg nőnemű, míg az alsó részen fejlődő magvakból inkább himnemű egyedek

<sup>1</sup> CORRENS C.: Versuche bei Pflanzen das Geschlechtsverhältnis zu verschieben. (Hereditas 1921 2. 1—24. Fig. 6.)

(54·7%) fejlődtek. CORRENS ezt úgy magyarázta, hogy a nőnemet determináló virágporszemeknek nagyobb növekedési gyorsaságuk van és a kétféle típus versengéséből a nőnemű pollenek kerülnek ki győztesen. CORRENS akkor még nem tudta, hogy a *Melandrium album*nak morfológiailag is megkülönböztető kétféle nagyságú virágporszeme van és így a kétféle virágporszemek között csupán fiziológiai különbséget tételezett fel.

Ha CORRENS és az én fenti kísérleti eredményeimet egybevetjük, akkor azok a lényegükben teljesen megegyeznek egymással, amennyiben úgy néla, mint nálam a csúcson levő magvakból inkább nőnemű egyének, az alján fejlődöttekből pedig inkább him példányok lettek. CORRENS ezt a jelenséget tisztán a kétféle pollentömlő növekedési gyorsaságának tudja be. Én azonban a *Melandrium album* virágporszemeinek morfológiai és fiziológiai ismerete, valamint a legújabb sejttani vizsgálatok alapján a kétféle nemet képviselő magvak elhelyezésének okát sokkal valószínűbben tudom magyarázni. Szerintem annak okát, hogy a termés alján fejlődött magvakból túlnyomóan himnemű egyedek lettek, elsősorban a himnemet determináló **nagyobb**, illetőleg a nőnemet képviselő **kisebb** virágporszemeknek kell tulajdonítanunk, amennyiben a himnemet determináló **nagyobb** pollenek tömlői valamivel mélyebbre hatolhatnak le és termékenyíthetnek, mint a nőnemet determináló kisebbek. Ugyancsak ez a jelenség magyarázza meg azt is, miért fejlődnek a csúcson növő magvakból inkább nőnemű egyének. A **kisebb** pollenek tömlőhajtásához, dacára az aránylag kisebb felületnek, mégis **kevesebb** nedvesség kell, mint az aránylag nagyobb felületű **nagyobb** pollenekéhez, vagyis a kisebb pollenek hamarabb kihajthatnak és így a közelükben levő magkezdeményeket hamarabb termékenyíthetik meg. Azt az előnyt, amit a kisebb pollenek a gyorsabb csirázásukkal értek el, a himnemet determináló nagyobb pollentömlők a hosszúságukkal hozzák be, amennyiben a termés alsó részén úgyszólván már minden magkezdeményt a rövidebb pollentömlők előtt csakis ezek termékenyíthetnek meg.

A fenti kísérleti eredmény tehát szinte maradék nélkül igazolja, hogy a *Melandrium album* kétféle nagyságú virágporszemeinek nemiség determináló természetük van. A himnemet

determináló nagyobb pollenek hosszabb pollentömlőt fejleszthetnek, ami könnyen érthetővé teszi azt is, miért fejlődik a termés alján keletkezett magvakból több hímnemű egyén, a csúcson több nőpéldány, míg a termés közepe táján a két nem egyedei többé-kevésbbé egyenlő mértékben. Vagyis a nemek determinálásában nem a pollentömlők növekedési gyorsaságának a különbsége az igazi ok, mert ez csak okozat. Az igazi ok a pollenek morfológiai és fiziológiai különbsége, kétféle nagysága és a pollentömlők kétféle hosszúsága.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 október 8.-án tartott üléséből.)



# DIE POLLENSCHLAUHLÄNGE VON MELANDRIUM ALBUM UND IHRE GESCHLECHTSBESTIMMUNG.

Von PAUL GREGUSS.

Im Jahre 1927 führte der Verfasser einige Versuche aus, um zu entscheiden, ob zwischen der Pollengröße und der Geschlechtsbestimmung ein eventueller genetischer Zusammenhang besteht. Die Ergebnisse der Versuche bestätigten, daß unter den zweierlei Pollen von *Melandrium album* determinieren die größeren Körner im allgemeinen das männliche, die kleineren das weibliche Geschlecht, und wenn die Narben mit mittelgroßen Pollen bestäubt wurden, so entwickelten sich aus den befruchteten Samenanlagen fast in gleicher Zahl männliche und weibliche Individuen.

Dieses bedeutungsvolle Resultat wollte der Verf. auch auf eine andere Art beweisen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die heterostylen Blumen zweierlei Größen von Pollen erzeugen, und zwar die mikrostylen Blumen die größeren, die makrostylen die kleineren. Hier steht also die Pollengröße mit der Länge der Griffel von anderen Blumen in engem Zusammenhang. Wenn zum Beispiel bei illegitimer Bestäubung die kleineren Pollen der makrostylen Blumen auf die Narben von derselben Blume kommen, so bleibt die ausgiebige Samenbildung fast immer aus, wahrscheinlich darum, weil die Pollenschläuche der kleineren Pollen durch den langen Griffeln die Samenanlagen kaum erreichen können. So sehen wir zum Beispiel auch beim Mais, daß die Pollen, entsprechend den sehr langen Griffeln bedeutend größer sind, als die der anderen anemophylen Gräser.

Nach diesen Beobachtungen und Resultaten stellte der Verfasser folgende Annahme auf: Wenn die zweierlei Pollengrößen von *Melandrium album* bei der Geschlechtsbestimmung eine bedeu-

tende Rolle spielen, und man voraussetzt, daß die zweierlei Pollen verschieden lange Schläuche treiben, so ist es sehr wahrscheinlich, daß die männchenbestimmenden größeren Pollen tiefer gelangen können, als die kleineren, und so können die längeren Schläuche die tiefer liegenden Samenanlagen eher befruchten, als die kürzeren.

Wenn diese Behauptung richtig ist, so wird es auch wahrscheinlich in dem Verhältnis der entstandenen und nebeneinander liegenden Samen zum Vorschein kommen.

Um die obige Frage zu entscheiden, bestäubte der Verfasser die Narben drei Blumen von *Melandrium album* künstlich mit ziemlich viel Pollen. Nach dem Reifen der Früchte öffnete er vorsichtig die Kapseln seitlich, daß er zu den Samen gelangen könne. Diese Arbeit war ziemlich mühsam, weil die reifen Samen sehr leicht von der Placenta abfallen.

Nach der Öffnung der Kapsel versah er die einzelnen Samen mit laufenden Nummern und er zeichnete gleichzeitig auch die Lage der einzelnen Samen ganz naturgetreu. Durch dieses Verfahren wollte er von jedem einzelnen Samen wissen, an welchem Teil der Kapsel sie entstanden sind, und in welcher Lage die einzelnen Samen zueinander waren. (Fig. 1.)

Aus der Kapsel stellte der Verfasser die genaue Lage der 98 Samen fest, und dann säte er sie am 15. April dieses Jahres aus. Am 23. Juni blühten die ersten männlichen Pflanzen auf, die weiblichen 3—4 Tage später. Gleichzeitig stellte der Verf. auch das Geschlecht jeder einzelnen Pflanze fest.

Das Resultat ist aus der unteren Zusammenstellung und aus der Fig. 1 leicht ersichtlich und zeigt, daß aus den Samen

Am Gipfel entstandenen	{ 12 ♂ (42·8 %)	
Samen entw. — — — —	{ 16 ♀ (57·2 %) = 28	
In der Mitte entstandenen	{ 19 ♂ (47·5 %)	
Samen entw. — — — —	{ 21 ♀ (52·5 %) = 40	
Am Grunde entstandenen	{ 25 ♂ (83·3 %)	
Samen entw. — — — —	{ 5 ♀ (16·7 %) = 30	
Summe:	{ 56 ♂ (57·1 %)	
	{ 42 ♀ (42·9 %) = 98	

die am Gipfel der Kapsel entstanden sind, entwickelten sich 12 ♂ männliche (42·8%) und 16 ♀ weibliche (57·2%), aus den in der Mitte geordneten waren 19 ♂ männliche (47·5%) und 21 ♀ weibliche (52·5%) und aus den ganz unten entstandenen Samen hauptsächlich (83·3%) männliche, und nur 5 Stück, also 16·7% weibliche Exemplare.

Vor dem Verfasser führte auch CORRENS ähnliche Versuche aus. Die Versuche des genannten Forschers und die des Verfassers stimmen im Wesentlichen mit einander ganz überein. Wie bei CORRENS, so auch bei dem Verf. entwickelten sich aus den am Gipfel entstandenen Samen mehr weibliche, aus den am Grunde gelegenen Samen mehr männliche Exemplare. Da das weibliche Geschlecht unter den Nachkommen von *Melandrium album* überwiegt — meint CORRENS — es müssen die weibchenbestimmenden Pollenkörner und Schläuche entweder *schneller* keimen, bzw. *rascher* wachsen als die männchenbestimmenden.

Nach den morphologischen und physiologischen Kenntnissen der Pollen von *Melandrium album*, und nach den neuesten cytologischen Untersuchungen erklärt der Verfasser diese Erscheinung für viel wahrscheinlicher, und führt folgendes an. Die eigentliche Ursache ist nach dem Verfasser darin zu suchen, daß die **kleineren** weibchenbestimmenden, bzw. die **grösseren** männlichenbestimmenden Pollen **kürzere**, respektive **längere** Schläuche treiben können, daher die männchenbestimmenden etwas **tiefer** gelangen und befruchten können, als die der kleineren Pollen. Daraus kann man auch leichter ersehen, warum sich aus den in den oberen Teil entstandenen Samen mehr weibliche, respektive aus den unteren mehr männliche Exemplare entwickeln. Zur Austreibung der kleineren Pollen ist nämlich *geringere* Feuchtigkeit nötig als zur Austreibung der größeren. Es können daher die kleineren Pollen viel rascher treiben, und ihrer nächsten Nähe die einzelnen Samenanlagen eher befruchten als die der langsamer keimenden und größeren Pollen. Den Vorteil, welchen die kleineren Pollen mit ihrer schnelleren Keimung erreichten, bringen die männchenbestimmenden *größeren* Pollen mit ihren *längeren* Schläuchen ein, und können die

ganz untenstehenden Samenanlagen auch eher befruchten, als die weibchenbestimmenden kürzeren Schläuche.

Die obige Versuche beweisen also mit Sicherheit, daß die zweierlei Pollen von *Melandrium album* einen geschlechtsbestimmenden Charakter haben. Die männchenbestimmenden größeren Pollen können längere Schläuche treiben und deshalb können sie die ganz untenstehenden Samenanlagen vielmehr befruchten. Diese Annahme erklärt auch, warum sich aus den am Gipfel befruchteten Samenanlagen mehr weibliche, aus den ganz unten entstandenen mehr männliche, und in der Mitte in gleicher Zahl sowohl männliche als weibliche Individuen entwickeln. *In der Geschlechtsbestimmung von Melandrium album ist also nicht die Geschwindigkeit der Verschiedenheit der Pollenschläuche die ausschlaggebende Ursache. Es ist nur eine Folge. Die wirkliche Ursache ist die morphologische und physiologische Verschiedenheit der Pollen, nämlich ihre zweierlei Größe und darausfolgend die zweierlei Längen der Pollenschläuche.*

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der  
Wissenschaften vom 8. Okt. 1928.)

## A BRYONIA DIOICA ÉS A GINGKO BILOBA LEVELEINEK SEXUÁLIS DIMORPHIZMUSA.

GREGUSS PÁL-tól.

GOEBEL<sup>1</sup> a kétlakú növények sexuális dimorphizmusával foglalkozva arra az eredményre jut, hogy a kétlakú növények him és nőpéldányai között természetbeli és morfológiai különbségek vannak és eme különbségek okát főleg a táplálkozási viszonyokra vezeti vissza. A legújabb örökléstani és sejttani vizsgálatok azonban azt látszanak igazolni, hogy ennek a dimorphizmusnak mélyreható sejttani alapjai vannak.<sup>2</sup>

A múlt évben a *Bryonia dioica*-n megporzási kísérleteket akartam végezni.<sup>3</sup> E célból a *Loewen*-ből kapott magvakat elvetettem, amelyek rövid idő múltán kicsíráztak és szépen is fejlődtek. A fiatal növények között a levélzet szerint már kezdetben két típust lehetett megkülönböztetni. Az egyik növényke levelei szélesebbek voltak, míg a másikéi vékonyabbak, nyúlankábbak (l. a rajzot). Érdeklődéssel vártam a növények virágait. Meglepetésemre a szélesebb levelűek mind termős virágúakká, míg a keskenyebb levelűek himnemű egyénekké fejlődtek.

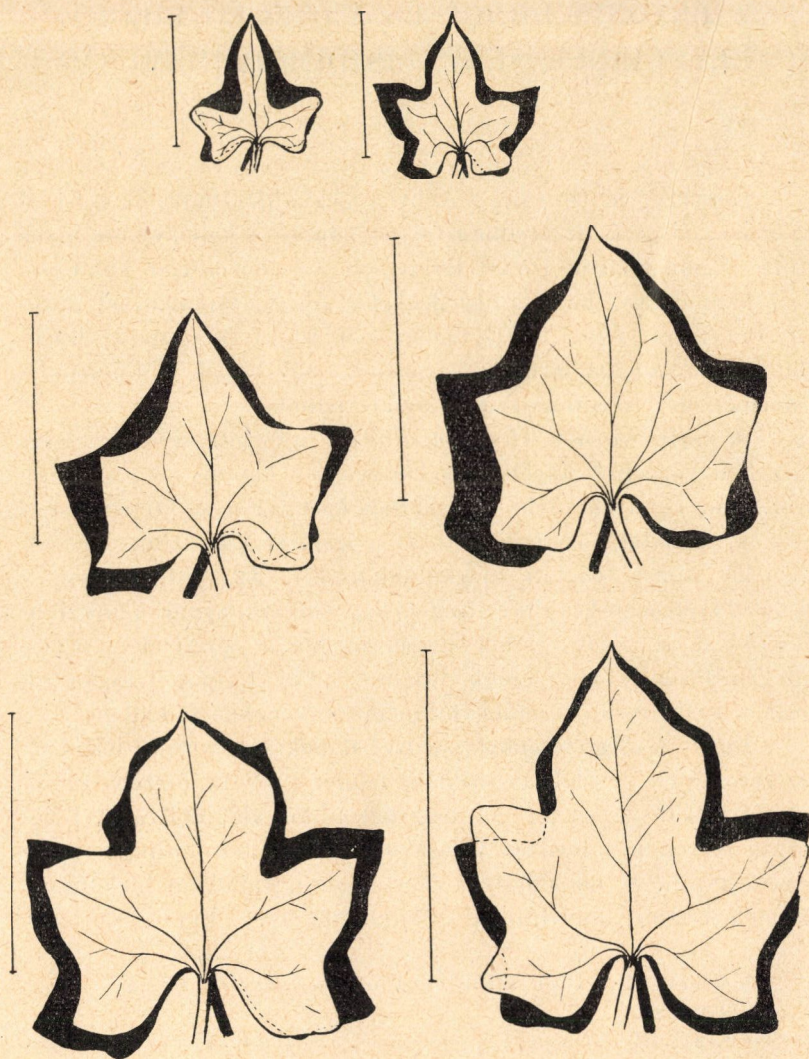
Eme megfigyelésemet pozitív alapokra akartam fektetni; ezért a kétféle levelek asszimiláló felületei között összehasonlító vizsgálatokat végeztem. Az összehasonlítás alapjául a levél középső főérének a hosszát választottam. E célból miliméterpapirosra a him és nőpéldányokról való, de ugyanolyan hosszúságú levelek asszimiláló felületét állapítottam meg. Emellett számítások

<sup>1</sup> GOEBEL K.: Über sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen. (Biol. Centralblatt 1910.)

<sup>2</sup> KIHARA H.: On the chromosomes of *Humulus japonicus*. (The Botanical Magazine 1928. p. 237.)

<sup>3</sup> GREGUSS P.: Die Pollengrösse von *Bryonia dioica* und die Geschlechtbestimmung, 1929. (Botanikai Közlemények Budapest.)

minden esetben azt mutatták, hogy egyenlő levélhosszúság mellett a nőpéldány levelei mindig nagyobb felületűek, amit az alábbi kis összeállítás is igazol.



A *Bryonia dioica* lombleveleinek szexuális dimorfizmusa.

Fekete = női levél, fehér = hím levél.



Szám Nr.	A főér hossza Länge der Hauptader	♂ Levélfelület Blatt- oberfläche	♀ Levélfelület Blatt- oberfläche	Különbség Unterschied	%
	m/m	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	
1.	22	200	264	64	23.6
2.	26	326	424	98	23.1
3.	41	1000	1248	248	20
4.	45	1718	2193	475	21.6
5.	47	1800	2217	417	19
6.	54	2059	2403	344	14.4
Gingko biloba — —		2248	3467	1219	34

Ez a kis összeállítás is mutatja, hogy a Bryonia dioica him- és nőpéldányainak táplálékot készítő levélfelületei között 14—24 % eltérés mutatkozik. Ez az eltérés annál kisebb, minél nagyobb a levél, sőt amint a megfigyeléseim is igazolják, minél inkább árnyékban fejlődik a növény. Ha úgy a him-, mint a nőpéldányokat állandóan napsugár éri, akkor a különbség annyira elenyészik, hogy a napverőn fejlődő him- és nőpéldányok leveleit egymástól megkülönböztetni már alig lehet. Fiatakorban és a szórt fényben a levelek között az ivari dimorphismus azonnal észrevehető és már előre meg lehet állapítani, hogy abból a palántából him-, illetőleg nőpéldány fog-e fejlődni. Ezt az esetet a Bryonia dioicával kapcsolatban csupán azért emlitem meg, mert a Bryoniara vonatkozólag az irodalomban erre adatot nem találtam.

Eme megfigyelésem alapján érdeklődtem, vajjon a kétalakú *Gingkofa* levelei között is megvan-e ez a szexuális dimorphismus. A budapesti, bécsi botanikus kert, továbbá a Kertészeti tanintézet Ginkofáit megvizsgálva ugyanerre az ered-



A Ginkgo biloba leveleinek szexuális dimorphismusa.

Fekete = női, fehér = hím levél.

ményre jutottam, sőt e növény kétféle levelei között az eltérés még feltűnőbb (34%) (l. a rajzot). A nagyobb ellentét mégis a súlyban, tehát a levél anyagában jut kifejezésre. Ezt eldöntendő úgy a him-, mint a nőpéldányoknak a napsugaraktól teljesen egyformán ért egy-egy ágáról 100—100 egymásután következő levelet téptem le és mértem meg. A súlyok összehasonlításából kitűnt, hogy a nőpéldányok levelei mintegy 50%-kal súlyosabbak, mint a hím-példányok levelei, ami az alanti összeállításból is kitűnik.

♂ példány	♀ példány
I. 100 drb friss levél súlya 36·06 gr	I. 100 drb friss levél súlya 68·76 gr
II. 100 „ „ „ 31 „	II. 100 „ „ „ 79·22 „
200 drb friss levél súlya 67·06 gr	200 drb friss levél súlya 147·98 gr
200 drb kiszáritott levél súlya 22·45 gr (33·4%)	(54%)
200 drb kiszáritott levél hamu-jának súlya 2·815 gr (12·54%)	200 drb kiszáritott levél súlya 46·20 gr (31·2%)
	200 drb kiszáritott levél hamu-jának súlya 5·598 gr (12·3%)

Ebből a kis összeállításból az tűnik ki, hogy a nőpéldányok friss levelei átlagban mintegy 50%-kal súlyosabbak, mint a hím-nemű egyedek levelei, vagyis a női levelekben több a víz és kevesebb a hamualkotórész. (Nem lehetetlen, hogy a nőpéldány tercbélyesebb habitusát ez a súlytöbblet, ez a nagyobb teher okozza.)

A fenti adatok között azonban az az érdekes, hogy a teljesen kiszáritott hím- és nőlevelek hamualkotórészeinek százaléakai között mindig egy kis (0·21—0·23%) eltérés mutatkozik és pedig mindig a hím-példányok javára. Ennek pedig valószínűleg igen mélyreható okai lehetnek.

A fenti eredmény különösen a Gingkofa ültetése szempontjából fontos. A Gingkofa ugyanis a mi vidékünkön cca. 40—50 év után kezd csak virágozni és így előre nem lehet megállapítani, vajjon az a fiatal Gingko csemete hím-, illetőleg nőpéldánnyá fog-e fejlődni. A fenti eljárással azonban ezt már egészen fiatal korban sokkal valószínűbben meg lehet mondani.



## SEXUAL-DIMORPHISMUS DER BLÄTTER VON BRYONIA DIOICA UND GINGKO BILOBA.

Von PAUL GREGUSS.

K. v. GOEBEL beschäftigte sich in seiner Abhandlung (Über sexuellen Dimorphismus bei Pflanzen. Biol. Centralbl. 1910) mit dem Sexualdimorphismus der verschiedenen Pflanzen und führt diesen Dimorphismus auf die verschiedenen Ernährungsverhältnisse zurück. Die neuesten cytologischen Ergebnisse und die Erbllichkeitsforschungen scheinen zu bestätigen, daß der Sexual-Dimorphismus der Lebewesen eine sehr tiefgreifende cytologische Ursache hat. Nach den unten erwähnten eigenen Versuchen schliesst sich der Verfasser auch dieser Auffassung an.

Der Verfasser wollte mit der *Bryonia dioica* einige Kreuzungs-Versuche durchführen. Dazu säte er dieses Jahr von *Loewen* stammenden Samen. Als die Pflänzchen cca  $\frac{1}{2}$  m hoch waren, konnte der Verfasser schon nach den Laubblättern zwei verschiedene Typen unterscheiden. Die Blätter von einigen Pflänzchen waren breiter und kräftiger, hingegen die der anderen viel schlanker (Siehe Fig. 1). Als die ersten Blumen erschienen, konnte es der Verfasser auch bei dem Geschlecht feststellen, daß sich die breitblättrigen Pflanzen immer zu Weibchen, die der schlankblättrigen immer zu Männchen entwickelten. Diese Beobachtung wollte der Verfasser näher studieren und hat die Blätter untereinander verglichen. Als Grund der Vergleichen wählte er die Länge der Hauptadern. Dann bestimmte er auf Millimeterpapier die Assimilations-Fläche der gleichlangen weiblichen respektive männlichen Blätter. Diese Bestimmungen zeigten es klar, daß die Assimilations-Oberfläche der Blätter von weiblichen Pflanzen immer größer waren, als die der männlichen, was die

in dem ungarischen Text stehende Zusammenstellung auch zeigt. (Siehe S. 626—627.)

Aus dieser kleinen Zusammenstellung ist ersichtlich, daß zwischen den Blattoberflächen der männlichen und der weiblichen Pflanzen ein 14—24 % -er Unterschied ist. Diese Abweichung ist umso kleiner, je größer die Blätter sind und wenn die Pflanzen im Schatten gewachsen waren, wie es der Verf. beobachtet hat. Trifft die Sonne die Blätter stets, so ist kein Unterschied bemerkbar und man kann so die zweierlei Typen voneinander kaum unterscheiden. An den jungen Blättern, die im zerstreuten Licht gewachsen waren, konnte man den Sexualdimorphismus sehr leicht bemerken und schon voraussagen, aus welchen Keimlingen männliche respektive weibliche Exemplare sich entwickeln werden. Die Blätter der *Bryonia dioica* haben also einen Sexualdimorphismus. Der Verfasser erwähnt diese Erscheinung speziell bei der *Bryonia dioica*, weil er hierüber in der Litteratur noch keine Daten gefunden hat.

Nach dieser Beobachtung suchte der Verfasser weiter, ob dieser Dimorphismus zwischen den Blättern von *Ginkgo biloba* auch vorkommt. Daß ein Dimorphismus zwischen dem Habitus der zweierlei Bäume von *Ginkgo biloba* am meisten vorkommt, das ist schon längst bekannt; ob aber ein Sexualdimorphismus auch zwischen den Blättern vorkommt, das ist noch nicht beobachtet worden. Der Verfasser untersuchte die Blätter von drei *Ginkgo*-Bäumen des ungarischen Botanischen Gartens und konnte feststellen, daß hier die Abweichung noch größer (cca 34 %) ist, als bei der *Bryonia dioica*. Die Blätter der weiblichen Exemplare waren viel breiter und größer. Dieser Unterschied zeigte sich besonders deutlich im Gewicht. Dazu hat der Verf. je 200 Blätter von den zweierlei gleichbesonnenen Ästen der männlichen respektive weiblichen Exemplare abgewogen und hat auch ihren Aschengehalt bestimmt. Das Resultat war folgendes:

	♂	♀	♀ : ♂
100 St. Bl.	36·06 gr	68·76 gr	
100 „ „	31— „	79·22 „	
200 St. Bl.	67·06 gr	147·98 gr	(54%)
Trockengewicht v. 200 „ „	22·45 „ (33·4%)	46·20 „ (31·2%)	
Aschengewicht v. 200 „ „	2·815 „ (12·54%)	5·598 „ (12·33%)	

Diese kleine Zusammenstellung zeigt, daß die Blätter von weiblichen Exemplaren 54% schwerer sind als die der männlichen, und die weiblichen Blätter mehr Wasser (68%) und weniger Asche (12.33, respektive 12.3%) enthalten.

Dieses Ergebnis ist bei Gingko-Baum von großer Wichtigkeit, weil der Gingko-Baum bei uns erst nach 40—50 Jahren blüht. Nach dieser Beobachtung und nach dem Gewicht und der Gestalt der Blätter kann man schon voraussagen, ob sich aus einem Zögling ein männliches oder weibliches Exemplar entwickeln wird. Nach den neuesten litterarischen Angaben kann man bestimmt sagen, daß man einen solchen äußerlichen Sexualdimorphismus nicht bloß auf die Ernährungsverschiedenheit zurückführen darf, vielmehr hat diese Erscheinung eine tiefgreifende cytologische und ganz bestimmt auch eine chemische Grundlage.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 14. Jänner 1929.)

## RENDSZERTANI TANULMÁNYOK CARABIDÁKON.

CSIKI ERNŐ 1.-tag.

(Székfoglaló értekezés kivonata.)<sup>1</sup>

A Carabidák családja rendszertani szempontból talán egyike a legjobban vagy leginkább tanulmányozott bogárcsaládoknak, amit azzal lehetne megmagyarázni, hogy egyrészt az egész földkerekségen és pedig úgy a hideg, mind a forró tájakon elterjedtek, másrészt helyük a rendszer elején van.

Dacára annak, hogy ezt a családot rendszertani szempontból sokat tanulmányozták, ezen a téren még sok kérdés vár megoldásra. Európa, illetőleg vele kapcsolatban a palæarktikus táj, továbbá Észak-Amerika Carabidáinak rendszerét az eddigi kutatók elég jól építették ki, a többi világrészek közül Afrika déli része és legújabban Ausztrália került hasonló, ha nem is teljesen kielégítő feldolgozás alá.

Ezelőtt mintegy húsz évvel Berlinből az a megtisztelő felhívás ért, hogy a földkerekség összes bogarait és a reájuk vonatkozó irodalmat felölelő «Coleopterorum Catalogus» részére egyéb speciális tanulmányaim tárgyát képező bogárcsaládokon kívül, a Carabidákat felölelő kötetek összeállítását és megírását is vállaljam. Ezt a nagyon nehéz és sok időt igénylő munkát hazafias okokból szívesen vállaltam és el is végeztem. A munka sajtó alá rendezése előtt azonban szükségessé vált a rendszerben mutatkozó bizonytalanságok tisztázása és így egy végleges, az egész földkerekség Carabidáit felölelő rendszert lefektetni.

---

<sup>1</sup> A székfoglaló értekezés teljes szövege a Magyar Nemzeti Múzeum természetrajzi tárainak folyóiratában (Annales hist.-nat. Musei Nationalis Hungarici) jelenik meg.

Eddig a tudományos irodalomban a Carabidákat felölelő négy család, számos alcsalád, mintegy száz nemzetség (*tribus*) és közel 2000 nem (körülbelül 25,000 fajjal és fajváltozattal) jogsultságának megvizsgálásáról és rendszertani helyének megállapításáról volt szó.

LINNÉ óta, aki a «Systema Naturæ» 1758-ban megjelent X. kiadásában a binár nomenklaturát bevezette, a szerzők egész sora igyekezett a nemek és fajok folyton gyarapodó sokaságában magasabb kategóriák felállításával rendet teremteni. LATREILLE volt az első, aki 1806-ban megjelent munkájában (*Genera Crustaceorum et Insectorum secundum ordinem naturalem in familias disposita etc.*) megkísérelte az első rendszer felállítását, azonban ez sem neki, sem a későbbi kutatóknak, kik közül csak BONELLI (1810—12), DEJEAN (1825—31), CASTELNAU DE LAPORTE (1834), KIRBY (1837), ERICHSON (1837), WESTWOOD (1839), SCHIÖDTE (1841) és LACORDAIRE (1854) nevét ohajtanám megemlíteni, nem sikerült, mert rendszerüket nem a magasabb kategóriák, hanem faji bélyegekre alapították.

A természetes rendszer kiépítéséhez az első helyes nyomot 1855-ben SCHIÖDTE szolgáltatta azzal a megállapításával, hogy egyes Carabidáknál a mellközép hátulsó oldalleméze a középső csipőig terjed. A mell szerkezetéből kiindulva igyekeztek azután a későbbi szerzők rendszerüket kiépíteni, ami nehéz feladat volt, mert sok támadásra szolgáltatott okot, hiszen egy majdnem száz év óta forgalomban levő, megszokott rendszer felborításáról volt szó. A természetes rendszer kiépítése főleg SCHAUUM, LECONTE, C. G. THOMSON, BATES, G. HORN, BEDEL, GANGLBAUER, TSCHITSCHERIN és SLOANE nevéhez fűződik. Ezeknek a kutatóknak megállapításaiban számtalan ellentétes nézet mutatkozik és így más és más eredményhez is jutottak. főleg azért, mert nem helyeztek elég súlyt annak a megállapítására, hogy melyek az ősi bélyegek, azaz azok a bélyegek, amelyek a magasabb kategóriák megállapításánál egyedül vehetők figyelembe.

A külső váz felépítése, különösen a mell szerkezete szolgáltatja nekünk azokat a bélyegeket, amelyek alapján a Carabidákat alcsaládokra és ezeken belül nemzetségek csoportjaira oszt-hatjuk.

Legősibb bélyegnek bizonyult a mellközép és a mellvég által körülzárt középső csipők izvápáinak, továbbá a melltövön levő elülső csipők izvápáinak a szerkezete. Voltak kutatók, akik az utóbbi bélyeget tartották fontosabbnak, azonban helytelenül, mert ennek a bélyegnek elsősorban való felhasználása rokon nemzetségek szétszakítását eredményezte.

A középső csipők izvápájának szerkezete, ha eltekintünk a cingolányfélétől (*Cicindelidae*), amelyeket némely szerzők szintén csak a Carabidák egyik alcsaládjának tartanak, háromféle típust mutat.

Ez a három típus a következő:

1. A mellközép hátulsó oldallemeze (*epimerum mesosterni*) a középső csipők izvápájáig terjed, tehát annak körülzárásában részt vesz. Ez a szerkezet jellemzi az első alcsaládot, a *Carabinae*-kat.

2. A mellközép hátulsó oldallemezén kívül a mellvég elülső oldallemeze (*episternum metasterni*) is a középső csipők izvápájáig terjed, tehát mindkettő részt vesz ennek az izvápának körülzárásában. Ez a mellszerkezet a *Mormolycinae* alcsalád jellemző tulajdonsága.

3. A középső csipők izvápáját oldalt a mellközép és a mellvég hátra-, illetőleg előre felé bocsátott nyúlványa határolja, ezek a nyúlványok tehát távol tartják az említett oldallemezeket az izvápától. Ez a mellszerkezet jellemző a Carabidák harmadik és legnagyobb alcsaládjára, a *Harpalinae* alcsaládra.

Eddig a szisztematikusok szintén három alcsaládra osztották a Carabidákat, azonban nem az előbb vázolt módon, mert azok közül csak az elsőt (*Carabinae*) és utolsót (*Harpalinae*) ismerték és harmadiknak a *Pseudomorphinae* alcsaládot vették. Az általam megállapított második típushoz tartozó *Mormolycinae* alcsalád náluk a harmadik típushoz tartozó *Harpalinae* alcsaládban szerepelt mint nemzetség, dacára annak, hogy például G. Horn 1881-ben helyesen írta és rajzolta le mellszerkezetét és ennek ellenére tévedésből mégis a teljesen elütő mellszerkezettel bíró Harpalinákhoz sorolta. Az amerikai és ausztráliai faunában képviselt és külsejükben némely Nitidulidákhoz hasonló külsőt mutató Pseudomorphinákat azon az alapon, hogy csápjaik védel-

mére és azok befektetésére a fej alsó oldalán élesen határolt mely csápbarázdákkal rendelkeznek, választották el a többi Carabidáktól. Ez a jelleg mindenestre ősi bélyeg, azonban tekintettel arra, hogy a Carabidák között találunk még olyan nemzetségeket (például *Scaritini*), melyek egyes nemeinél is megtaláljuk a többé-kevésbbé kifejlődött csápbarázdák nyomát a szemek alatt, magam ennek a tulajdonságnak nem tulajdoníthatok olyan nagy rendszertani jelentőséget, hogy annak alapján alcsalád elkülönítésére felhasználhassam, hanem SLOANE-nal egyetértőleg mellszerkezete alapján csak a Harpalinaek egyik nemzetségeként fogom fel. NOTMAN eddig egyedülálló felfogása, mely szerint ez a csoport, valamint a Pasimachinák mint külön családok a Carabidáktól elkülönítendőek, komoly mérlegelést sem érdemel, épűgy, mint amerikai társainak hasonló eljárása, amikor az általánosan a *Carabinae* alcsaládba sorozott *Omophrononi* nemzetséget, melynek melltőve valószínűleg a vizek melletti életmódja folytán a Dytiscidákhoz hasonló melltő kifejlődéséhez vezetett, nem lehet külön családnak tekinteni.

A mell szerkezetében mutatkozó egyéb alakulások közül a melltővön az elülső csipők izvápájának szerkezete szolgáltat fontos rendszertani bélyeget, ezek ugyanis hátul vagy nyitottak, vagy zártak, továbbá a melltőnek a csipők közötti részének alakulása, mint például az előbb említett *Omophronináknál*, melyeknél széles lapos lemezzé alakult át. A hátul nyitott elülső izvápákkal párhuzamosan jár a mellközép elülső részének élszerű kiemelkedésüvé való alakulása. SLOANE nagy fontosságot tulajdonít annak is, hogy az elülső csipők izvápájának aljában egy vagy két nyílást találunk-e. E nyílások egyikén az izmok és az idegek haladnak keresztül az előtorból a lábakba, az esetleg jelenlévő második nyílás jelentőségét eddig még nem sikerült megállapítani. SLOANE e nyílások alapján a *Harpalinae* alcsaládot, vagy amint ő nevezi, a *Carabidae conjunctae*-kat *Carabidae uni-* és *biperforatae* csoportokra osztja. Magam ezt a felosztást teljesen elhibázottnak tartom, amit eléggé igazol az, hogy ennek a jelentéktelen második nyílásnak jelenléte vagy hiánya a rendszerben bizonyítottan közeli kapcsolatban levő nemzetségek teljes elválasztásához vezetett.

A mellvég szerkezetében szisztematikailag fontos alakulások, a hátulsó csipők érintkező vagy elkülönített volta, azoknak oldalt a has oldalszéleig való kiterjedése, vagy hátulsó részüknek lejtősen és laposan vagy meredeken való végződése a haslemezek felé.

A mell szerkezete után rendszertani szempontból a legnagyobb figyelmet a szőrözet érdemli. Ismeretes tény, hogy háromféle szőrözetről beszélhetünk és pedig nem differenciálódott rendes, továbbá díszítő és végül érző- vagy fix szőrözetről. Rendszertani szempontból csak az utóbbinak, a fix- vagy érző szőrözetnek van jelentősége. Fix szőrözetnek azért nevezték, mert összefüggését az idegrendszerrel csak sejtették, de bizonyítani a vizsgálat lehetetlensége miatt nem lehetett. Most azonban, hogy a rovarok khitinvázát is alkalmassá lehet tenni mikroszkópi metszetek készítésére, véglegesen megállapítható volt, hogy ezek a szőrök összefüggnek az idegrendszerrel és tapintásra szolgálnak. Ezeknek a szőröknek az idegek elhelyezésével kapcsolatban való elhelyezkedése állandó és így fontos szisztematikai, sőt származástani bélyegeket szolgáltat. Ilyen érző szőröket találunk a szájszervek különböző részein, a csápokon, a homlokon (supra- és interorbitális szőrök), az előtor oldalán, a szárnyfedőkön, a mellvég oldallemezein, a csipőkön, tomporon (*trochanter*), a combok, lábszárak és a lábfej bizonyos részén, a haslemezek közepén vagy hátulsó szegélyén.

A Carabidák magasabb rendszertani csoportjai megállapításánál a felsorolt testrészek közül azonban csak a felső állkapcsok, a fejpaizs és a szemöldökszőröknek, a többieknek pedig a fajok és nemek megkülönböztetésénél van jelentősége.

A felső állkapocs külső oldalán egy hosszirányú mély barázda van, melynek elején egy-egy ilyen erőteljes érzőszőr mutatkozik úgy a *Carabinae*, mind a *Harpalinae* alcsaládok több nemzettségénél.

A fejpaizson (*clipeus*) az elülső sarkokban találunk érzőszőrt a *Carabini* nemzettség képviselőinél.

A szemöldökszőrök (*setae supraorbitales*) a szem felett helyezkednek el, számuk egy vagy kettő és csak kivételesen három (pl. *Ceroglossus*).



A szemöldökszőrök számát a *Harpalinae* alcsalád nemzetségeinek csoportosítására használjuk. G. HORN ezeknek a szőröknek a száma alapján vezette be a *Harpalinae unisetosae* és *Harpalinae bisetosae* csoportokat, ami eddig nagyon sok ellenvetésre adott okot, mert ezek közül a szőrök közül egyik vagy másik, esetleg mind a kettő némelykor hiányzik. Ezt tapasztaljuk egyes *Amara* vagy *Pterostichus*-fajoknál. Megjegyzendő, hogy miután ez a jelenség ritka, továbbá, miután sokszor csak féloldali, mert a testrész ellenkező oldalán a szőrök a megfelelő számban vannak jelen, ezt csak abnormális jelenségnek minősíthetjük. Azokban az esetekben pedig, amikor egynémelyik szerző a nemzetségek jellemzésében azt írja, hogy «a szemöldökszőrök száma egy, némelykor kettő», tehát az illető nemzetséget csak felszítva sorolhatnók be valamelyik csoportba, a kérdéses nemek felülvizsgálata után minden esetben hibás beosztást állapíthattam meg. Így külső hasonlatosság alapján tévesen osztották be például a *Licinini* nemzetségbe, melyre egy szemöldökszőr jelenléte jellemző, a két szemöldökszőrrel bíró *Diplochila (Rhembus)* és *Eurygnathus* nemeket, melyekről megállapíthattam, hogy azok tipikus *Oodini*-k.

Nagyon fontos morphologiai bélyeg a potrohgyűrűk száma, amíg ugyanis a legtöbb Carabida haslemezeinek a száma hat, addig a *Brachynini* nemzetségnél nyolc (hímeiken), illetőleg hét (nőstényeken) haslemezt találunk kifejlődve.

A fejpaizs alakja, keskeny volta vagy kiszélesedettsége, amikor a felső állkapcsok tövét takarja, szintén egész nemzetségek ismertető jele.

A szárnyfedők skulpturája, rovátkoltsága és érzőszőreik elhelyezése csak faji bélyegeket szolgáltatnak, a magasabb csoportok szempontjából mint ősi bélyeg csak az a tulajdonságuk jöhet tekintetbe, hogy tövük szegélyezett-e (pld. *Elaphrini*) vagy nem szegélyezett (pld. *Carabini*).

A középtor alakulásában fontos körülmény, hogy az a rendestől eltérően nyeles-e vagy legalább elül nyélszerűen meghosszabbodott (pld. *Scaritini*).

Régen a rendszerezés alapjául szolgált bélyegek közül pld. a palpusok alakja, a csipők elhelyezése, a haslemezek harántrovátkoltsága, a lábfejek kiszélesedettsége és talpuk szőrözeté-

nek mineműsége, stb. annyira értéktelen bélyegeknél bizonyultak, hogy azokat ma már csak a fajok vagy az ivarok megállapítására tudjuk felhasználni.

A fent röviden vázolt legfontosabb bélyegek tekintetbevételével mellett összeállított rendszer a Carabidák családjának következő tagolását mutatja:

### *I. alcsalád: Carabinae.*

Nemzetségek: *Carabini*, *Cychrini*, *Pamborini*, *Camaragnathini*, *Nebrini*, *Notiophilini*, *Opisthiini*, *Trachypachydini*, *Omophronini*, *Metriini*, *Elaphrini*, *Cicindisini*, *Nototylini*, *Ozaenini*, *Lorocerini*, *Promecognathini*, *Enceladini*, *Siagonini*, *Migadopini*, *Scaritini* (20).

### *II. alcsalád: Mormolycinae.*

Nemzetség: *Mormolycini* (1).

### *III. alcsalád: Harpalinae.*

Nemzetségek: *Apotomini*, *Nomiini*, *Broscini*, *Bembidini*, *Pogonini*, *Pogonopsini*, *Merizodini*, *Trechini*, *Patrobini*, *Zolini*, *Panagaeini*, *Anthiini*, *Graphopterini*, *Amarini*, *Disphaericini*, *Granigerini*, *Pterostichini*, *Perigonini*, *Licinini*, *Amblystomini*, *Chneimectini*, *Chlaeniini*, *Oodini*, *Agonicini*, *Harpalini*, *Zabrini*, *Zacotini*, *Pelecini*, *Amorphomerini*, *Aephniidini*, *Pentagonicini*, *Lebiini*, *Ctenodactylini*, *Hexagoniini*, *Agrini*, *Odacanthini*, *Dryptini*, *Zuphiini*, *Orthogoniini*, *Physocrotaphini*, *Helluonini*, *Brachynini*, *Pseudomorphini* (44).

(M. T. Akadémia III. osztálya 1929. évi március 18.-án tartott üléséből.)

## SYSTEMATISCHE STUDIEN AN CARABIDEN.

Von E. CSIKI, k. Mitglied der Akademie.

Obwohl die moderne Systematik dieser Coleopterenfamilie besonders durch die grundlegenden Arbeiten von SCHAU, LECONTE, C. G. THOMSON, H. W. BATES, G. HORN, BEDEL, GANGLBAUER, TSCHITSCHERIN und SLOANE einen grossen Aufschwung erreichte, mussten die höheren Kategorien (Subfamilien, Tribus und Subtribus) einer Revision unterzogen werden. Abgesehen von den Cicindeliden, die teils als besondere Familie, teils als Unterfamilie der Carabiden behandelt werden, finden wir die Komponenten der Carabiden in der Literatur als vier verschiedene Familien, vielen Unterfamilien und gegen 100 Tribus behandelt. Verfasser unterscheidet nach dem Aufbau der Mittelhüftpfannen drei Unterfamilien, nämlich die *Carabinae*, *Mormolycinae* und *Harpalinae*. Nachdem die anzuwendende Reihenfolge der wichtigsten Charaktere zur weiteren Aufteilung festgestellt wurde, werden die *Carabinae* in 20, die *Mormolycinae* in eine und die *Harpalinae* in 44 Tribus geteilt.

(Die Arbeit erscheint in extenso in den «Annales hist.-nat. Musei Nationalis Hungarici».)

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März 1928.)

## EULITHIN DOGNÁCSKÁRÓL.

KOCH SÁNDOR-tól.

Két ábrával.

BREITHAUP T a szászországi Schneeberg-ről egy érdekes ásványt írt le 1827-ben.<sup>1</sup> A barnás-vöröses színű, élénk gyémánt-, illetőleg zsírfényű kristálykák a szabályos rendszer tetraederes hemiedriájába tartoznak, keménységük 5—6 között van. BREITHAUP T az ásványt bismuthfoszfátnak határozta meg és Wismuthblendé-nek nevezte el. HADINGER az új ásványnak, mivel forrasztócső előtt könnyen olvad, az Eulithin nevet adta.

Hogy ásványunk nem foszfát, hanem szilikát, ezt KERSTEN<sup>2</sup> állapította meg és a BREITHAUP T által adott Wismuthblende nevet Kiesewismuthra helyesbitette.

Behatóan foglalkozott az eulithinnel G. v. RATH;<sup>3</sup> vizsgálatai szerint az ásvány bismuthorthosilikát, képlete  $Bi_4(SiO_4)_3$ .

Schneebergen kívül egyedül Johanngeorgenstadtból ismertük eddig ezt a ritka ásványt, honnan FRENZEL<sup>4</sup> írta le borsárga, vagy sárgás-fehér, átlátszó, triakistetraederes kristálykait.

A Magyar Nemzeti Múzeum ásványtárának egy, a dog-nácskai Márkus-bányából származó redruthit darabján az ércet néhány vékonyabb-vastagabb chrysocolla ér szeli át. A vastagabb ér egy helyütt kettéágazva üreget alkot s az üreg belsejében igen apró, erősen fénylő, kénsárga kristálykák ülnek. Egyes kristálykák elszórtan a darab egyéb pontjain is láthatók. A milli-

<sup>1</sup> Pogg. Ann. Bd. 9. (1827) p. 275.

<sup>2</sup> Pogg. Ann. Bd. 27. (1833) p. 81. Jahrb. Berg u. Hüttenm. 1836. p. 75.

<sup>3</sup> Pogg. Ann. Bd. 136. (1869) p. 416.

<sup>4</sup> Neues Jahrb. f. Min. Jhg. 1873. p. 791.

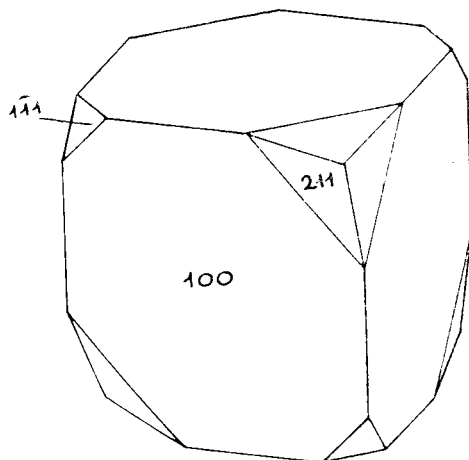
méteres nagyságot csak néhány kristályka éri el, nagyobb részük ennél kisebb. Egy nagyobb és egy kisebb kristálykát leszabaddítva, közelebbi vizsgálatnak vetettem alá.

Az ásvány a szabályos rendszer tetraederes hemiedriájában kristályosodik; a két kristálykán goniométeres méréssel a következő formákat sikerült megállapítanom:

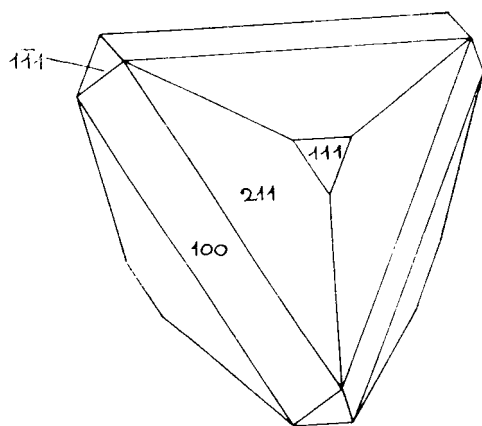
$$\begin{array}{ll} \{100\} & \{1\bar{1}1\} \\ \{111\} & \{211\}. \end{array}$$

A kristályok két típushoz tartoznak. A nagyobbakon a hexaedernek mindenkor görbült, zsírfényű lapjai uralkodnak (1. ábra), a kisebbeken a triakistetraedernek gyémántfényű, pompás reflexeket szolgáltató lapocskái (2. ábra). A hexaeder mint uralkodó forma az eulithinnél szokatlan, eddigi leírói legfeljebb mint alárendelt formát említik.<sup>1</sup>

A mind a két kristályon szereplő negatív, valamint a csak egyik kristályon fellépő pozitív tetraeder lapocskái fényesek, kitűnő reflexeket szolgáltatók. Az ásvány törése kagylós, hasadást a kristályokon nem ész-



1. ábra.



2. ábra.

<sup>1</sup> Pogg. Ann. Bd. 136. (1869) p. 416.

leltem. A nagyobb kristályok áttetszőek, a kisebbek átlátszóak, keménységük 5-nél nagyobb.

Forrasztócső előtt az ásvány könnyen olvad, sósavban kovácsav kiválása mellett oldódik. Oldatát felkérésemre FINÁLY I. vizsgálta a Földtani Intézet laboratóriumában és benne bismuthot mutatott ki. Az ásvány tehát eulithin.

Sajnos, quantitativ vizsgálatra nem áll elegendő anyag rendelkezésre, azonban az ásvány szép sárga színe arra mutat, hogy a dognácskai eulithin kevésbé szennyezett, mint a schneebergi.

Kérésemre FINÁLY I. volt szíves a redruthitot is megvizsgálni és sikerült is belőle nyomokban bismuthot kimutatni. Az eulithin tehát a redruthit csekély bismuth tartalmából keletkezett. A málló rézérc szilikátos oldatok hatására chrysocollává alakult, s bismuth-tartalma a kovácsavval eulithint adott. Az eulithin előfordulása Dognácska oxidációs zónájában érdekes, de nem meglepő, mert a bánya primär ércei között úgy a bismuthin, mint a dognácskait előfordul. Nagyon valószínű, hogy az eulithin a bánya oxidációs zónájában nemcsak ezen az egy ponton fordult elő, darabjait azonban, a kristálykák apró volta miatt nem vették észre. Véletlen szerencse, hogy ezt az egy darabot megőrizték s révén úgy Dognácska, mint Magyarország egy érdekes ásványfajjal lett gazdagabb.

A mért és számított szögek, kivéve a hexaéder lapokhoz mért hajlásokat, szépen egyeznek:

	mért	számított
(211):(121)	33° 30'	33° 33' 30"
(211):(121̄)	70° 32'	70° 31' 40"
(211):(100)	35°—36° 06'	35° 15'
(111):(100)	54° 23'—54° 55'	54° 44' 08".

Budapest, 1929. Készült a Pázmány P. tud. egyet. ásványkőzettani intézetében.

## EULITHIN VON DOGNÁCSKA.

Von A. KOCH.

Die von der dognácskaer Markusgrube stammenden Eulithinkristalle sitzen in einer Höhlung einer in Redruthit ziehenden Chrysocolla-Ader. An den, höchstens 1 mm grossen, schwefelgelben Kristallen konnte ich die Flächen der folgenden Kristallformen konstatieren:

$$\{100\}, \{111\}, \{1\bar{1}1\}, \{211\}.$$

Die grösseren Kristalle haben einen hexaedrischen, die kleineren einen triakistetraedrischen Habitus.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März. 1929.)

## PROUSTIT ÉS XANTHOKON NAGYÁGRÓL.<sup>1</sup>

TOKODY LÁSZLÓ-tól.

Dr. ZIMÁNYI KÁROLY úr, a Magyar Nemzeti Múzeum ásvány-tárának igazgatója, az 1911. év folyamán Nagyágról több ásvány-stufát gyűjtött. Ezekből néhányat közelebbi vizsgálatra nekem adott át, amiért hálás köszönetemet e helyen is kifejezni, kedves kötelességem.

A lelőhely: Nagyág, József-főszint, a 18. Előlfekvő-Longin nyugati határának széle.

A tanulmányozott stufák kvarcos telér-darabok, melyeken a következő ásványokat találjuk. A főtömeget bennőtt kristályokka *nagyágit* alkotja. Ezt az ásványt kérésemre Dr. ENDRÉDY ENDRE volt szíves megelemezni. Az elemzés adatai a következők:

Au	—	—	—	—	—	7.61 %
Pb	—	—	—	—	—	54.50 %
Fe	—	—	—	—	—	0.93 %
Te	—	—	—	—	—	17.80 %
Sb	—	—	—	—	—	8.62 %
S	—	—	—	—	—	9.10 %
Kvarc	—	—	—	—	—	2.12 %
						100.68 %

Az üregekben fehéres színű *kvarc*-kristálykák s ugyancsak fehér *dolomit*-romboederek ismerhetők fel. Az előbbi ásványokra települve, szőlőded, gömbhéjas formákban félig fémfényű, sötétesen futtatott *termés-arzén* található. Itt-ott kevés *pirit* és *chalkopirit* mutatkozik. Az említettekhez csatlakozik még két másik ásvány, melyekről a behatóbb vizsgálat kiderítette, hogy azok: *proustit* és *xanthokon*. Ez a két utóbbi ásvány eddig Nagyágról

---

<sup>1</sup> A Kir. József-Műegyetem ásvány-földtani intézetében készült dolgozat.



ismeretlen volt. Többi magyarországi előfordulásuk is általában véve ritka. A következőkben erre a két ásványra vonatkozó megfigyeléseimet foglalom össze.

### I. Proustit.

A proustit igen kis, 0.75—1.5 mm nagyságú kristálykákban található. A kristályok gyémántfényűek, áteső fényben cochenille-vörösek, majdnem cinnober-vörösek. A kisebbek átlátszók, a nagyobbak áttetszők. Karcuk skarlát-vörös.

A fenti bélyegek — különösen a pirargirit és proustit egymástól eltérő karc-színe — alapján már proustitra gondolhatunk. Ebben a véleményben megerősíthet a termés-arzén jelenléte is. Az ásvány biztos meghatározása céljából az arzén kimutatása végett több — előzetesen goniométeresén mért — kristályt nyílt üvegesőben hevítettem. A szublimátumban — mikroszkóp alatt — jól felismerhetők voltak a nagyszámú, kitünően fejlett  $As_2O_3$ -oktaederek. As-tartalmú pirargirit esetében, amikor is az As-tartalom 0.12—max. 3.01 % között ingadozik ily nagymennyiségű  $As_2O_3$ -oktaeder a szublimátumban nem jelenik meg. Így tehát kétségtelen, hogy a szóban forgó ásvány proustit.

Kristálytani vizsgálatra mindössze négy kristálykát tudtam kiválasztani, melyeken a következő 9 formát figyeltem meg.

Bravais	Miller
$m \{10\bar{1}0\}$	$\{101\}$
$a \{11\bar{2}0\}$	$\{2\bar{1}\bar{1}\}$
$r \{10\bar{1}1\}$	$\{100\}$
$e \{01\bar{1}2\}$	$\{110\}$
$p \{11\bar{2}3\}$	$\{210\}$
$e' \{7.3.\bar{1}0.13\}$	$\{10.3.0\}$
$\bar{z} \{51\bar{6}7\}$	$\{610\}$
$n \{4153\}$	$\{40\bar{1}\}$
$v \{21\bar{3}1\}$	$\{20\bar{1}\}$

A felsorolt formák megállapítására MIERS-től közölt<sup>1</sup> alapértékek figyelembevételével a következő szögadatok szolgáltak:

<sup>1</sup> H. A. MIERS: Contributions of the study of Pyrargyrite and Proustite. Min. Mag. 1888. VIII. p. 37—102. — Beiträge zur Kenntnis des Pyrargyrit und Proustit. Zeitschr. für Krystallographie. 1889. XV. p. 129—193.

		mért	számított
$a : a = 2\bar{1}\bar{1}0 : 11\bar{2}0$		$= 60^{\circ}06'$	$60^{\circ}$
$: m = : 10\bar{1}0$		$= 30^{\circ}02'$	$30^{\circ}$
$: v = : 21\bar{3}1$		$= 23^{\circ}55'$	$24^{\circ}34'$
$: n = : 41\bar{5}3$		$= 39^{\circ}33'$	$39^{\circ}27'$
$: r = : 10\bar{1}1$		$= 53^{\circ}55'$	$53^{\circ}54'$
$: \xi = : 51\bar{6}7$		$= 62^{\circ}27'$	$62^{\circ}29'$
$: e' = : 7.3.\bar{1}0.13$		$= 68^{\circ}41'$	$68^{\circ}34'$
$: p = : 11\bar{2}3$		$= 76^{\circ}19'$	$76^{\circ}20'$
$a : e = 2\bar{1}\bar{1}0 : 01\bar{1}2$		$= 90^{\circ}08'$	$90^{\circ}$
$r : v = 10\bar{1}1 : 21\bar{3}1$		$= 29^{\circ}21'$	$29^{\circ}20'$
$: p = : 11\bar{2}3$		$= 22^{\circ}47'$	$22^{\circ}26'$
$: e = : 01\bar{1}2$		$= 56^{\circ}06'$	$56^{\circ}06'$
$: r = : \bar{1}101$		$= 72^{\circ}08'$	$72^{\circ}12'$

Az egyes kristályok kombinációit az alábbi táblázat mutatja.

Kristály	$m$	$a$	$r$	$e$	$p$	$e'$	$\xi$	$n$	$v$	Ábra
1.	$m$	$a$	*	*	*	$e'$	$\xi$	*	*	1.
2.	$m$	$a$	$r$	$e$	$p$	*	*	*	*	2.
3.	$m$	$a$	$r$	*	$p$	*	$\xi$	*	$v$	3.
4.	$m$	$a$	*	*	*	*		$n$	*	4.

A formák gyakoriságuk szerint csoportosítva a következő sorrendet adják:  $m a r p \xi e' n v$ .

A formakifejlődésről megemlíthetem, hogy a prizmák sorában az  $a\{11\bar{2}0\}$  mindig erősebben fejlett, mint — a trigonális kifejlődésnek megfelelően az összes kristályokon három lappal fellépő —  $m\{10\bar{1}0\}$ . Mig az  $m\{10\bar{1}0\}$  mindenkor síma, addig az  $a\{11\bar{2}0\}$  a legtöbbször finoman rostozott.

Az  $r\{10\bar{1}1\}$  síma és nagyobb lapokkal lépett fel, mint az  $e\{01\bar{1}2\}$ .

A  $p\{11\bar{2}3\}$  lapjai többnyire görbültek, reflexük gyenge.

Az  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$  formát először SELLA a pirargiriten figyelte meg. Ezt az alakot egy ikerkristályon volt alkalmam megállapítani, amikor is a  $\xi\{51\bar{6}7\}$  formával együtt mutatkozott. Mindkettő görbült lapokkal lépett fel.

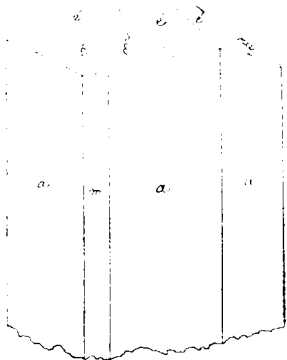
A  $\xi\{51\bar{6}7\}$ -skalenoédert két kristályon mutathattam ki mindenkor gyenge reflexű lapokkal.

Az  $n\{41\bar{5}3\}$  forma a 4. kristályon annak egyedüli terminális lapjai gyanánt szerepelt.

A  $v\{21\bar{3}1\}$  síma, keskeny lapocskákkal mutatkozott.

A formák áttekintéséből kitűnik, hogy a nagyági proustit kristályain szerepelnek olyan formák, melyek úgy a pirargiritnél, mint a proustitnál közösek. Ezek az  $m\{10\bar{1}0\}$ ,  $a\{11\bar{2}0\}$ ,  $r\{10\bar{1}1\}$ ,  $e\{01\bar{1}2\}$ ,  $p\{11\bar{2}3\}$ ,  $v\{21\bar{3}1\}$ . A további alakok, nevezetesen az  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$ ,  $\xi\{51\bar{6}7\}$  és  $n\{41\bar{5}3\}$  közül Miers szerint az  $n\{41\bar{5}3\}$  a pirargiritre jellemző, míg az  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$  és  $\xi\{51\bar{6}7\}$  ritka alakok.

A tanulmányozott kristályoknál általában két típust különböztethetünk meg és pedig: 1. skalenöederes, 2. romboederes típust.



1. ábra.



2. ábra.

A skalenöederes típust az 1. és 4. kristály képviseli (1. és 4. ábra). Ezeknél a terminális lapok az  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$ ,  $\xi\{51\bar{6}7\}$  és  $n\{41\bar{5}3\}$  skalenöederek (1. és 4. ábra).

A romboederes típust a 2. kristály tünteti fel (2. ábra). Uralkodólag alakult ki az  $r\{10\bar{1}1\}$ , mellette megjelenik az  $e\{01\bar{1}2\}$ , továbbá alárendelt kifejlődésben a  $p\{11\bar{2}3\}$ . E kristály kombinációja az általános, leggyakrabban szereplő pirargirit—proustit típust mutatja (2. ábra).

A 3. kristálnál  $v\{21\bar{3}1\}$  és  $\xi\{51\bar{6}7\}$  skalenöederek alárendelt jelenléte mellett uralkodólag lép fel az  $r\{10\bar{1}1\}$  és a

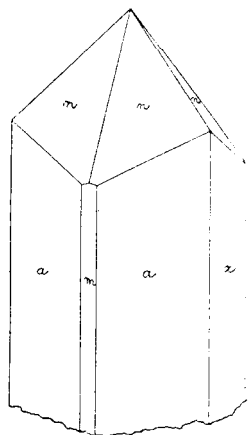
$p\{11\bar{2}3\}$  forma s így e kristály a két típus közötti átmenetet képviseli (3. ábra).

Terminális lapok csak a kristályok egyik végén mutatkoznak, ami szintén a proustitra jellemző. Így a hemimorfia szempontjából más adatunk nincs, mint az  $m\{10\bar{1}0\}$  hemiëderes kifejlődése. Az  $m\{10\bar{1}0\}$  ugyanis az összes kristályokon megfigyelhető volt és mindenkor az  $a\{11\bar{2}0\}$  váltakozó éleit tompítva, három lappal lépett fel.

A megvizsgált kristályok között egy ikerkristály (1. számú) is volt. Az ikertörvény pontos megállapítása azonban a kristály igen kis mérete miatt — alig érte el a 0.75 mm nagyságot — nem volt keresztülvihető. Az ingadozó szögértékek és a kristály



3. ábra.



4. ábra.

megjelenésének tekintetbevételével nagy valószínűséggel  $r\{10\bar{1}1\}$  szerint alakult ikerkristálynak mondhatjuk. MIERS szerint a proustitnál az  $r\{10\bar{1}1\}$  szerinti ikrek gyakoriak. Az ikeregynék egymásra közel merőlegesen állanak. Ugyancsak MIERS említi, hogy az  $r\{10\bar{1}1\}$  szerint alakult proustit-ikerkristályoknál gyakran megfigyelhető, hogy az  $r\{10\bar{1}1\}$  szerint ikerállásban levő két egyén közé még egy harmadik,  $u\{10\bar{1}4\}$  szerint ikerhelyzetben levő kristály illeszkedik. Mikroszkóp alatt a nagyági proustitnál is jól felismerhető a két nagyobb s egymásra közel merőlegesen álló kristály között egy harmadik, kisebb kristály, melynek állása az  $u\{10\bar{1}4\}$  szerinti ikrek helyzetének felel meg.

## II. Xanthokon.

A xanthokon magyarországi lelőhelyeinek sorában időrendben Felsőbánya az első, ahonnan 1877-ben KRENNER J. S.<sup>1</sup> írta le. Három évvel később, 1880-ban F. BECKE Selmechányáról ismertette ezt a ritka ásványt.<sup>2</sup> E két előforduláson kívül Magyarországról több nem volt ismeretes.

Nagyágon a xanthokon — mint már említettem volt — kvarcos telérdarabokon *nagyágit*, *kvarc*, *dolomit*, *termés-arzén*, *proustit*, *pirit* és *chalkopirit* társaságában fordul elő a József-főszint, 18. Előlfekvő-Longin nyugati határának szélén.

A xanthokon sokkal nagyobb mennyiségben fordul elő Nagyágon, mint a proustit. A telér-darabok egyes helyein sűrűn találhatók igen apró, 1 mm-nél kisebb, xanthokon kristálykák. Ezek bennöttek. Színük világos sárga, csekély zöldes árnyalattal. Gyöngyház-, illetőleg gyémántfényűek. Rajtuk a hasadási lap azonnal felismerhető. Első pillanatban szfaleritnek gondolhatók; a kémiai vizsgálat bizonyítja azonban xanthokon voltukat.

A fennőtt kristályok jóval ritkábbak. Méretük nem éri el az 1 mm nagyságot. Színük narancssárga, mely inkább vörösesbe hajlik. Vékony lemezeik világos sárgák, átlátszók. A vastagabb lemezek vörösesbarnán áttetszők. Poruk színe úgy a fenn-, mint pedig a bennőtt kristályoké narancssárga. A  $c\{001\}$  hasadási lap gyöngyházfényű, általában a kristályok gyémántfényűek.

A kristályok optikai vizsgálatánál  $c\{001\}$ -gyel párhuzamos hasadási lemezeket használtam. MIERS alapvető vizsgálatai szerint a negatív bisszektrix közel merőleges a  $c(001)$  lapra, az optikai tengelyek nagy szöggel ( $2K = cca\ 120^\circ$ ) ezen a lapon lépnek ki.<sup>3</sup> Az általam vizsgált kristálykák  $c(001)$ -gyel párhúza-

<sup>1</sup> KRENNER J. S.: Felsőbányai ezüstérc. Természettud. Közlöny. 1877. IX. p. 199—200.

<sup>2</sup> F. BECKE: Rittingerit und Feuerblende von Schemnitz. Tschermak's Min. Mitth. 1880. p. 94.

<sup>3</sup> H. A. MIERS—G. T. PRIOR: Über Xanthokon und Rittingerit, nebst Bemerkungen über die Rothgiltigerze. Zeitschr. für Krystallographie. 1892. XXII. p. 443—462.

mos lemezei azonban nem mutattak tengelyképet. Pleochroizmus nem volt megfigyelhető. A fény- és kettőtörés erős.

Goniométeres vizsgálatra mindössze két kristálykát tudtam felhasználni s ezeken a következő nyolc alakot állapíthattam meg, melyek között a csillaggal (\*) jelöltek a xanthokonra általában új formáknak bizonyultak.

$c \{001\}$	$r \{332\}$
$t \{223\}$	$*u \{553\}$
$p \{111\}$	$*v \{55\bar{3}\}$
$P \{11\bar{1}\}$	$*z \{552\}$

A kristályok orientációja és a számított szögértékek meghatározása Miers adatai alapján történt.

$$a : b : c = 1.9187 : 1.0152$$

$$\beta = 88^{\circ}47'$$

	mért	számított
$c : t = 001 : 223 =$	$37^{\circ}09'$	$37^{\circ}08'$
$: p =$	$: 111 = 48^{\circ}57'$	$48^{\circ}32'$
$: P =$	$: \bar{1}11 = 49^{\circ}10'$	$49^{\circ}10'$
$: r =$	$: 332 = 59^{\circ}33'$	$59^{\circ}11'$
$: c =$	$: 00\bar{1} = 179^{\circ}58'$	$180^{\circ}00'$

Az új formákra vonatkozó szögadatok:

	mért	számított	$\pm \Delta$
$c : u = 001 : 553 =$	$61^{\circ}40'$	$61^{\circ}53'23''$	$0^{\circ}13'23''$
$: v =$	$: 553 = 62^{\circ}51'$	$62^{\circ}46'16''$	$0^{\circ}04'44''$
$: z =$	$: 552 = 70^{\circ}28'$	$70^{\circ}13'51''$	$0^{\circ}14'09''$

A mért és számított értékek közötti eltérés ( $\pm \Delta$ ) nem haladja meg a negyedfokot, úgyhogy ezeket a formákat a xanthokon biztosan megállapított kristályalakjai közé sorolhatjuk.

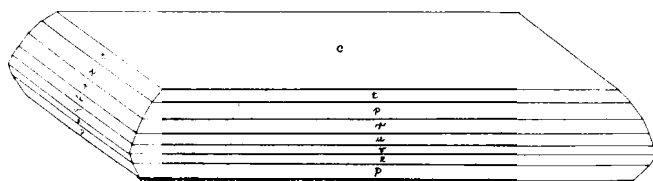
Mikroszkóp alatt mért prizma-szög:

	mért	számított
$m : m = 110 : \bar{1}10 =$	$55^{\circ}30'$	$55^{\circ}04'$

A vizsgált kristályok dominálónan kifejlett alakja a  $c \{001\}$ . A negyedik fajta prizmák általában keskeny csíkalakú lapokkal szerepeltek. Erőteljesebb fejlettséget a  $p \{111\}$  és  $P \{11\bar{1}\}$  értek el.

Legjobb reflexet szolgáltatott a  $c \{001\}$ . A főradiális zóna

lapjainak reflexe nem egészen tökéletes. A felsorolt s ebbe a zónába tartozó lapokon kívül még másokat is megfigyeltem, de azokat az elmosódott reflexek következtében tág határok között ingadozó szögértékeikből levezethető kétséges indexeik miatt a nagyági xanthokon formasorozatába nem vettem fel. A közölt formák biztos meghatározása céljából az egyedül mérhető fő-



5. ábra.

radiális zónát minden oktánsban többszörösen mértem s a szög-táblázatban csak az így nyert egyező szögadatok középértékeit közlöm.

A kristályok habitusa a  $c\{001\}$  szerint vékony vagy vastag táblás (5. ábra).

Az említett fizikai és morfológiai sajátságokon kívül vizsgáltam az ásvány kémiai viselkedését is. Nyílt üvegesőben hevítve, kénes gőz száll fel és fehéres szublimátum képződik. A szublimátumban — mikroszkóp alatt — az  $As_2O_3$ -oktaederek kitűnően felismerhetők.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929 márc. hó 18.-án tartott üléséből.)

## PROUSTIT UND XANTHOKON VON NAGYÁG.

Von L. TOKODY.

Herr K. ZIMÁNYI, Direktor des Mineralienkabinetts des Ung. Nationalmuseums, hat im Jahre 1911 mehrere Mineralstufen von Nagyág gesammelt. Der Fundort ist Nagyág, Josef-Hauptstollen, der Rand der W-lichen Grenze des 18. Vorliegende-Longin.

Die Stufen sind quarzige Gangstücke, auf welchen wir folgende Mineralien finden. Das Hauptteil des Stückes ist *Nagyágit*. Ich liess dieses Mineral chemisch analysieren. Herr E. ENDRÉDY war so liebenswürdig und hatte die Analyse mit folgendem Resultat durchgeführt:

Au	—	—	—	—	—	—	—	7·61 %
Pb	—	—	—	—	—	—	—	54·50 %
Fe	—	—	—	—	—	—	—	0·93 %
Te	—	—	—	—	—	—	—	17·80 %
Sb	—	—	—	—	—	—	—	8·62 %
S	—	—	—	—	—	—	—	9·10 %
Quarz	—	—	—	—	—	—	—	2·12 %
								100·68 %

In den Hohlräumen können wir sofort die weissfarbigen *Quarzkristalle* und die gleichfalls weissen *Dolomitromboeder* erkennen. Auf diesen sitzt das traubige, kugelige *gediegene Arsen*. Hier und da kann man ein wenige *Pyrit* und *Chalkopyrit* sehen. Zu den erwähnten gesellten sich noch zwei Mineralien und zwar der *Proustit* und *Xanthokon*. Proustit und Xanthokon von Nagyág war bisher unbekannt.



## Proustit.

Proustit kommt in ganz kleinen, 0.75—1.5 mm grossen Kristallen vor. Die Kristalle besitzen Diamantglanz, cochenille-rote, fast zinnober-rote Farbe. Die kleineren Kristalle sind durchsichtig, die grösseren durchscheinend. Strich scharlachrot. In dem Sublimat der in offenen Glasrohr erhitzten Kristalle können wir viele gutausgebildete  $As_2O_3$ -Oktaeder erkennen. Unser Mineral ist also sicher Proustit.

Zur kristallographischen Untersuchungen konnte ich vier Kristalle auswählen und auf diesen die folgenden 9 Formen feststellen:

Bravais	Miller
$m \{10\bar{1}0\}$	$\{101\}$
$a \{11\bar{2}0\}$	$\{2\bar{1}\bar{1}\}$
$r \{10\bar{1}1\}$	$\{100\}$
$e \{01\bar{1}2\}$	$\{110\}$
$p \{11\bar{2}3\}$	$\{210\}$
$e' \{7.3.\bar{1}0.13\}$	$\{10.3.0\}$
$\xi \{51\bar{6}7\}$	$\{610\}$
$n \{41\bar{5}3\}$	$\{40\bar{1}\}$
$v \{21\bar{3}1\}$	$\{20\bar{1}\}$

Die Bestimmung der Formen geschah auf Grund der von MIERS mitgeteilten Winkelwerten.<sup>1</sup>

Die Kombinationen der einzelnen Kristallen zeigt die folgende Tabelle.

Kristall	$m$	$a$	$r$	$e$	$p$	$e'$	$\xi$	$n$	$v$	Figur
1.	$m$	$a$	*	*	*	$e'$	$\xi$	*	*	1.
2.	$m$	$a$	$r$	$e$	$p$	*	*	*	*	2.
3.	$m$	$a$	$r$	*	$p$	*	$\xi$	*	$v$	3.
4.	$m$	$a$	*	*	*	*	*	$n$	*	4.

<sup>1</sup> H. A. MIERS: Contributions of the study of Pyrargyrite and Proustite. Min. Mag. 1888, VIII. p. 37—102. — Beiträge zur Kenntnis des Pyrargyrit und Proustit. [Zeitschr. für Krystallographie. 1889. XV. p. 129—193.

Die Form  $a\{11\bar{2}0\}$  ist immer kräftiger ausgebildet, als die ihrer trigonalen Ausbildung entsprechend mit drei Flächen auftretende  $m\{10\bar{1}0\}$ . Die Form  $m\{10\bar{1}0\}$  ist immer glatt und glänzend, dagegen  $a\{11\bar{2}0\}$  meistens fein gestreift.

$r\{10\bar{1}1\}$  trat mit glatten und grösseren Flächen auf, als  $e\{01\bar{1}2\}$ . Die Form  $p\{11\bar{2}3\}$  besitzt meistens krumme Flächen und schwache Reflexen.

Die Form  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$  konnte ich an einen Zwillling mit  $\xi\{51\bar{6}7\}$  beobachten. Beide Formen zeigten krumme Flächen.  $n\{41\bar{5}3\}$  bildete die Terminalfläche des vierten Kristalls.

Die untersuchten Kristalle gehören zu zwei Typen: 1. skalenoedrisch, 2. romboedrischen Typen.

Die skalenoedrische Type repräsentieren der 1. und 4. Kristall. Bei diesen bilden die Formen  $e'\{7.3.\bar{1}0.13\}$ ,  $\xi\{51\bar{6}7\}$  und  $n\{41\bar{5}3\}$  die Terminalflächen.

An den dritten Kristall treten neben den  $v\{21\bar{3}1\}$  und  $\xi\{51\bar{6}7\}$  Skalenoebern noch die Formen  $r\{10\bar{1}1\}$  und  $p\{11\bar{2}3\}$  dominierend auf und solcherweise bildet dieser einen Übergang zu der zweiten Type.

Die romboedrische Type stellt der zweite Kristall dar. An diesem wurde die Form  $r\{10\bar{1}1\}$  vorherrschend ausgebildet, neben dieser tritt noch  $e\{01\bar{1}2\}$  und  $p\{11\bar{2}3\}$  auf.

Terminalfläche kann man nur an einem Ende der Kristalle beobachten. Deshalb haben wir für die Hemimorphie den einzigen Beweis: die hemiedrische Ausbildung der Form  $m\{10\bar{1}0\}$  an den abwechselnden Kanten von  $a\{11\bar{2}0\}$ .

Zwischen den Kristallen habe ich einen Zwillingkristall gefunden. Die sichere Bestimmung des Zwillingsgesetzes war aber wegen der Kleinheit des Kristalls (kaum 0.15 mm) nicht durchführbar. Die Zwillingssindividen stehen aufeinander fast senkrecht und unter dem Mikroskop können wir zwischen den ersteren zweiten noch einen dritten Kristall beobachten. Nach Miers ist diese Ausbildung sehr häufig bei dem Proustit. Die ersteren zwei Kristalle bilden Zwillinge nach  $r\{10\bar{1}1\}$  und die dritte dasselbe nach  $u\{10\bar{1}4\}$ . Mit grösster Wahrscheinlichkeit ist der Zwillling, bezüglicherweise Drilling von Nagyág auf derselben Weise aufgebaut.

## Xanthokon.

Die Menge des Xanthokons ist viel grösser als diejenige des Proustits. Ein Teil der Kristalle ist kleiner als 1 mm und diese sind eingewachsen. Ihre Farbe ist hellgelb mit geringen grünlichen Nuancen. Die aufgewachsene Kristalle sind seltener. Die Farbe orangenrot mit rötlichem Strich. Das Pulver beider Kristalle ist orangengelb. Die Spaltungsfläche  $c\{001\}$  hat Perlmutterglanz, die Kristalle sind im allgemeinen diamantglänzend.

Die mit  $c\{001\}$  parallelen Platten zeigten kein Axenbild Pleochroismus konnte ich nicht beobachten. Licht- und Doppelbrechung stark.

An zwei Kristallen konnte ich folgende 8 Formen bestimmen. Die mit Stern (\*) bezeichneten Formen sind für den Xanthokon im allgemeinen neu:

$c\{001\}$	$r\{332\}$
$t\{223\}$	$\star u\{553\}$
$p\{111\}$	$\star v\{553\}$
$P\{11\bar{1}\}$	$\star z\{552\}$

Die Orientation der Kristalle und die Bestimmung der Winkelwerte geschah nach den Grunddaten von MIERS.<sup>1</sup>

Die auf die neuen Formen bezüglichen Winkelwerte sind die folgenden:

	gemessen	berechnet	$\pm$
$c:u = 001:553 = 61^\circ 40'$		$61^\circ 53' 23''$	$0^\circ 13' 23''$
$:v = :553 = 62^\circ 51'$		$62^\circ 46' 16''$	$0^\circ 04' 44''$
$:z = :552 = 70^\circ 28'$		$70^\circ 13' 51''$	$0^\circ 14' 09''$

Der Unterschied zwischen beobachteten und berechneten Werten ist kleiner als  $0^\circ 15'$ , deshalb können wir diese Formen als sicher festgestellte betrachten.

Die dominierende Form ist  $c\{001\}$ . Die Prismen IV. Art besitzen kleine, streifenförmige Flächen. Zur kräftigen Ausbildung gelangen die  $p\{111\}$  und  $P\{11\bar{1}\}$ .

<sup>1</sup> H. A. MIERS—G. T. PRIOR: Ueber Xanthokon und Rittingerit, nebst Bemerkungen über die Rothgiltigerze. Zeitschr. für Krystallographie. 1892. XXII. p. 443—462.

Die Form  $c\{001\}$  reflektiert am besten. Die Flächen der Hauptradialzone lieferten nicht immer vollkommene, sondern öfters verschwommene Reflexe.

Die Kristalle sind entweder dünn- oder dicktafelig nach  $c\{001\}$  (Fig. 5).

Die physikalischen ebenso, wie die morphologischen Eigenschaften weisen auf Xanthokon hin. Die chemische Untersuchung beweist dasselbe.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. März 1929.)

# PHILLIPSIT A BALATONFELVIDÉKI BAZALTOKBÓL.

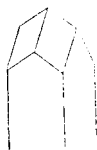
(Egy táblával.)

MAURITZ BÉLA r. tagtól.

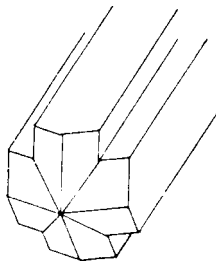
A balatonmenti bazaltokból eddig két lelőhelyről volt ismeretes a phillipsit. LIFFA A. a badacsonytomaji, HULYÁK VALÉR pedig a szigligeti phillipsit-lelőhelyet ismertette.

Utóbbi időben a balatonfelvidéki bazaltok vizsgálata alkalmával két új zeolitlelőhelyre bukkantam.

Sümeg közelében a sarvalyi bazaltbányában eddig csak egyetlen bazalt példányt találtam, melyen néhány phillipsit-kristály



1. ábra. Phillipsit,  
Sümeg-bazaltbánya.



2. ábra. Phillipsit,  
Sümeg-bazaltbánya.

volt felismerhető. Egy átlag nyolc centiméter átmérőjű mandolauregben egy féloldalt fennőtt phillipsit-kristály látható; a félig áttetsző kristály nyolc milliméter hosszú. Termete pseudotetragonális; a látszólagos tetragonális protoprizma és a deuterobipiramis határolják. A prizmalapok aránylag meglehetősen simák, míg a piramislapok az élekkel párhuzamosan lépcsősen rostozottak. A prizmaszög kerekén  $90^\circ$ ; a piramislapok egymással körülbelül  $61^\circ$ -nyi szöget zárnak be. A látszólagos piramislapok az  $\{110\}$

monoklin prizmalapokkal azonosak; az  $(110)$ .  $(\bar{1}\bar{1}0)$  prizmaszög a phillipsiten  $60^\circ 42'$ . Az apróbb kristályok hasonló természetűek, azonban egyeseken fel lehet ismerni a phillipsit négyes ikreire jellemző beugró szöget, illetőleg csatornát. Így tehát az összes kristályok négyes ikrek a jellemző ikertörvények szerint: iker-sík a  $(001)$  és  $(011)$ . A kristályok sűrűsége közelítőleg 2.2, keménységük 4.5. Optikai jellegük pozitív; az optikai tengelysík és a tompa szögfelező merőlegesek az oldallapra;  $a:c$  körülbelül  $20^\circ$  a tompa  $\beta$ -szögben; a közepes fénytörési exponens 1.51. Az egyének közötti ikerhatár rendszeren nem egyenes vonal, amennyiben az ikerkristályok individumai varratszerűleg kapaszkodnak egymásba; legjobban lehet ezt a jelenséget a  $(010)$  szerint készített hasadási lemezekon megfigyelni. A kristályok sósavas oldatában káliumot, kalciumot és báriumot lehetett kimutatni. Szemmérték után ítélve, a kalciumtartalom a bárium-tartalomnak a tizszeresét teszi ki (1—4. ábra.)

Az üregnek a fala, amelyen a phillipsitkristályok fennőttek, fehér szétkenhető mállási termékkel van bevonva; e mállási termék mibenlétét nem sikerült megállapítani.

A második lelőhely, ahol azonban a phillipsit nagyobb mennyiségben keletkezett, egy újabban nyitott kőbányában van a Halyagos-hegyen Diszel község határában; e község Tapolcától északkeletre néhány kilométer távolságra fekszik. E lelőhelyen a phillipsit négy különböző típusban fejlődött ki.

A phillipsitkristályok első típusát pirinyó, legfeljebb 0.2 mm nagyságú kristályok képviselik, melyek sűrűn egymásmellé növe a mandolaüregek falát csillogó kéreg módjára borítják be. E kristályok a mikroszkóp alatt víztisztán átlátszóak, erősen üveges fényűek és formákban szegények, mert csakis a látszólagos négyzetes protoprizma és a deuterohipiramis a határoló formák. Az optikai módszerekkel könnyen kimutatható, hogy ezek a pseudotetragonális kristályok tulajdonképpen monoklin egyéneknek a négyes ikerkomplexumai; az optikai állandóik teljesen összefügnak a phillipsit állandóival. Csak nagyon ritkán figyelhető meg, hogy ezek a pseudotetragonális prizmák egymást kölcsönösen merőlegesen keresztezve magasabbrendű többszörös ikreket alkotnak. E típust eddig mindössze két üregben találtam (5. ábra).

A második típus kristályai némileg nagyobb komplexumokat alkotnak, amelyek milliméter-nagyságot is érnek el. Három pseudo-tetragonális prizma (kombinálva a látszólagos másodrendű bipiramissal) kölcsönösen merőlegesen áthatja egymást és a rendkívül csinos ismeretes phillipsit-ikertörzseket alkotja, melyek tulajdonképpen tizenkét egyénből épülnek fel. E típus ritkán található; eddig kizárólag olyan mandolaüregekből került elő, amelyek aragonittükkal vannak kipárnázva. A csinos phillipsit-komplexumok csaknem lebegve ülnek a finom aragonittükkön és pompás képet nyújtanak a szemlélőnek (6—7. ábra).

A phillipsit-ikertörzseknek harmadik típusa két milliméter nagyságú komplexumot is alkot. E komplexumok teljesen rombdodekaéder-külsejűek. A látszólagos rombdodekaéder lapjai az élekkel párhuzamosan lépcsősen parkettázottak. Maga a rombdodekaéder a phillipsit-egyéneknek tizenkettes ikerkristályaiból áll, melyek más lelőhelyekről már ismeretesek. E rombdodekaéder-külsejű fehéres komplexumok némely mandolaüregben sűrűn egymás mellett ülve, az üregnek összes falait bekérgezik. Gyakran kevés mészpát kíséri őket. Legelőször keletkezett a mészpát, amelynek kristályai igen különös kifejlődést árulnak el, amennyiben látszólag a másodrendű prizma és egy hegyes romboéder lapjaitól vannak határolva. A mészpátkristályok lapjai nem eléggé símák, úgy hogy pontos kristálytani mérések nem végezhetők. Mégis a következő eredmények voltak megállapíthatók: A hegyes romboéder, amelynek lapjai a függőleges zónában le vannak gömbölyödve, negatív romboéder és indexe  $\{05\bar{5}2\}$ ; lapjai egymással körülbelül  $106^\circ$ -nyi szöget zárnak be; a számított érték  $106^\circ 45'$ . A látszólagos prizma nem az  $\{11\bar{2}0\}$  deuteroprizma, hanem egy olyan nagyon hegyes szklenoédernek egyik fele, mely már a másodrendű prizmához áll közel. A szklenoéder lapjai egymással  $56^\circ$ , illetőleg  $64^\circ$  szöget zárnak be: a prizmaszög  $60^\circ$ -ot tenne ki. A  $\{05\bar{5}2\}$  indexű romboéder lapjai e szklenoéder lapjaival körülbelül  $35^\circ$  szöget alkotnak; a  $(05\bar{5}2) \cdot (1120)$  szög  $36^\circ 37'$ -et tenne ki. A hasadási romboéder lapjai e szklenoéderlapokkal körülbelül  $58^\circ$  szöget zárnak be; az  $(10\bar{1}1) \cdot (1120)$  lapok alkotta szög  $52^\circ 32'$ . Ezek a mészpátkristályok több milliméter hosszúak és a mandolaüregek falain nőttek fenn; a phillipsitkristályok

látszólagos rombdodekaédereiből álló kéreg felhúzódik ezekre a mészpátkristályokra, úgy hogy csakis a romboéderlapok teljesen szabadok, míg a szkalenoéderlapok alsó felét a kéreg eltakarja.

Egy kisebb példányon a rombdodekaéder-külsejű phillipsit-kristályok nem egy mandolaüregben jelennek meg, hanem egy hasadéknak a mállott felületét borítják be. A kéreg nagyrészt a fentebb említett mészpátkristályokból áll és csak egyes elszórtabban fellépő rombdodekaéderszerű phillipsitkomplexumok ülnek a mészpátkristályokon. Azonkívül még egy finomszemű meglehetősen átlátszó ásvány ismerhető fel, mely a pontosabb vizsgálatnál chabasitnak bizonyult: a közepes törési együttható 1.5; optikailag pozitív egytengelyű, helyenként anomálisan gyengén kéttengelyű, a kettős törés gyenge. Egyes phillipsitkomplexumokon a chabasit jól fejlett phakolit-típusú fennőtt kristálykák alakjában ismerhető fel; ekkor ez ásvány fehéres hexagonális bipiramisokat alkot.

A diszeli phillipsit negyedik típusa a legyezős dezminhalmazokra emlékeztet. Egy mandolaüreg falait olyan kéreg vonja be, mely túlnyomórészt mészpátszemecskékből áll. A mészpátkérgen nagy tömegben ülnek a finom aragonitprizmák; utóbiakon szinte lebegve tűnnek fel a nagyon csekély számú pompás phillipsit-keresztek; mellékesen lép fel egy dezminszerű legyezős csoport, amelynek optikai állandói azonban teljesen a phillipsitéivel egyeznek meg (8. ábra).

A diszeli phillipsit sósavas oldatában kálium, kalcium és kevés bárium volt kimutatható.

Végül fel kell még említeni, hogy egyes mandolaüregek és közethasadékok teljesen aragonittükkal vannak kitöltve. A finom tűk majd nyalábos halmazokat, majd pedig sűrű sugaras-rostos és párhuzamos-rostos tömegeket alkotnak.

Köszönettel tartozom BERGER KÁROLY tapolcai igazgató úrnak, aki számomra a diszeli kőbányából több szép kézi példányt a pusztulástól megmentett.



## Irodalom.

LIFFA AURÉL: Új phillipsit előfordulása Badacsonytomajon. Földtani Közlöny 1914. 80.

HULYÁK VALÉR: Ásványtani közlemények. Szigligeti phillipsit. Földtani Közlöny 1903. 54.

## Magyarázó szöveg a rajzokhoz.

- 1—2. ábra. Phillipsit-iker Sümeg bazaltbányáról.
- 3—4. ábra. U. az, hasadási lemez, + nicolok között; nagyítás 80  $\times$ .
5. ábra. Phillipsit-kristályok a diszeli bazalt mandola-üregeiből. Nagyítás 80  $\times$ .
- 6—7. ábra. Phillipsit-ikertörzs, mely 12 egyénből épül fel. Diszel. Nagyítás 80  $\times$ .
8. ábra. Nyalábos phillipsit. Diszel. Nagyítás 80  $\times$ .

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1928 október 8.-án tartott üléséből.)

## PHILLIPSIT AUS DEN BASALTEN DES BALATON-OBERLANDES.

Von B. MAURITZ, o. Mitglied der Akademie.

In den Basalten des Balaton-Oberlandes wurden zwei neue Phillipsitvorkommen gefunden.

Der erste Fundort befindet sich bei Sümeg in dem Basaltsteinbruch; die Kristalle sind bis 8 mm gross (Fig. 1—2; Fig. 3—4 zwischen gekreuzten Nicols).

Der zweite Fundort befindet sich am Berge Halyagos, ebenfalls in dem Basaltsteinbruch (Dorf Diszel, nw. von Tapolca). Der Phillipsit kommt hier in vier verschiedenen Typen vor:

1. sehr kleine, höchstens 0·2 mm grosse Kriställchen (Fig. 5);
2. 1 mm grosse, zierliche, kreuzförmige Zwölflinge (Fig. 6—7);
3. 2 mm grosse, rhombendodekaeder-ähnliche Zwölflinge;
4. desminartige fächerförmige Massen.

Begleitende Mineralien sind: Aragonit, wenig Chabasit (Phakolit), Kalkspat.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 8. Okt. 1928.)

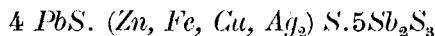
## FÜLÖPPIT, EGY ÚJ ÁSVÁNY NAGYBÁNYÁRÓL.

(Négy ábrával.)

KOCH SÁNDOR-tól.

1922-ben S. GORDON a bolíviai Oruro San-Jose bányájából egy új ásványt írt le keeleyit névvel.<sup>1</sup> A tús, sugaras, sötét-szürke színű, szürkésfekete karcu, fémfényű ásványnak, mely szerinte valószínűleg a rombos rendszerben kristályosodik, keménysége 2, fajsúlya cca. 5·21. Analysise, melyet J. E. WHITFIELD végzett, a következő képlethez vezetett:  $2 Pb S.3 Sb_2S_3$  vagy  $3 Pb S.4 Sb_2S_3$ . Az ásvány quarz üregeiben fordul elő pyrit kíséretében.

E. V. SHANNON és M. N. SHORT 1927-ben megjelent értekezésükben<sup>2</sup> az eredeti példányról leválasztott s mikroszkop alatt nagy gonddal megtisztított anyagon végzett chalcographiai és chemiai vizsgálataikról számolnak be. A chalcographiai vizsgálat eredményeként 11 esetből négy esetben kaptak a zinkenit és a keeleyit között eltérő eredményeket, hét esetben a nyert adatok egyeztek. A teljesen tiszta anyagon végzett analízisük eredményeül



képletet nyerték. S. GORDON hozzám intézett, 1929 január 28.-án kelt levelében *ezt a képletet ismeri el a keeleyit helyes képletül.*

Utolsónak E. T. Wherry szól hozzá a keeleyit kérdéséhez<sup>3</sup> egy éleshangú cikkben. Szerinte a keeleyitnek GORDON által

<sup>1</sup> *Proced. Akad. Nat. Hist. Philad.* Vol. 74. (1922) P. 101—103.

<sup>2</sup> *The American Mineralogist* Vol. 12. (1927) p. 405—408.

<sup>3</sup> *The American Mineralogist* Vol. 13. (1928) p. 29—30.

közölt képletei ( $2Pb\ S.\ 3\ Sb_2S_3$ . illetőleg  $3Pb\ S.\ 4\ Sb_2S_3$ ) tisztátalan anyagból végzett, kereskedelmi célokra szolgáló analysis téves kiszámításának eredményei. SHANNON és SHORT idézett értekezésükben közölt vizsgálataikkal, WHERRY szerint, azt bizonyítják, hogy a keeleyit csak a zinkenitnek szennyezéseket tartalmazó varietása.

\*

1928 őszén dr. FÜLÖPP B. és KUPÁS Gy. urak egy Nagybányán újabban előkerült, eddig a lelhelyen sohasem észlelt, ismeretlen ásványt adtak át nekem vizsgálatra. Az ásvány a Kereszthegeyi bánya III. szintjén, a főtéléri vetőben fordult néhány példányban elő. Kicsiny kristálykái emlékeztetnek némileg a wolfsbergi plagionit kristályokra.

A vizsgálataim folyamán újnak bizonyult ásványt dr. FÜLÖPP BÉLÁ-nak, a lelkes magyar gyűjtőnek és múzeumunk áldozatkész mecénásának tiszteletére, fülöppit-nek neveztem el.

A fülöppit monoklin holoederes osztályba tartozó, kicsiny kristálykáinak mérete rendesen 1 mm körül van, egyesek elérik a 2 mm-es nagyságot is. Apró kristályok felépítette kristálycsoportok gyakoriak. Goniometrikus mérésekre csak a kisebb kristályok alkalmasak.

A fülöppit kristálytani alapértékeit a következő mérésekből számítottam ki:

$$\begin{aligned} 100 : 111 &= 59^\circ 34', & 001 : 111 &= 41^\circ 48', \\ 111 : 1\bar{1}1 &= 59^\circ 20'. \end{aligned}$$

Ezekből az adatokból a következő értékek adódnak:

$$a : b : c = 1.1087 : 1 : 0.70106, \quad \beta = 94^\circ 44' 37''.$$

A megvizsgált kristályokon nyole formát sikerült megállapítanom, úgymint:

$$\begin{aligned} c &= \{001\} & p &= \{111\}. \\ a &= \{100\} & t &= \{223\}. \\ d &= \{\bar{1}01\} & o &= \{\bar{1}11\}. \\ e &= \{112\} & s &= \{221\}. \end{aligned}$$

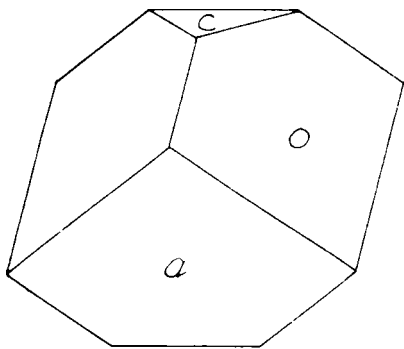
E nyole forma  $\varphi$  és  $\rho$  szögeinek, valamint a hozzájuk tartozó koordinátáknak számított értékét az alábbi táblázat mutatja:

$a = 11087$	$\log a = 00448$	$\log a_0 = 01991$	$\log p_0 = 98009$	$a_0 = 15815$	$p_0 = 06323$
$c = 070106$	$\log c = 98457$	$\log b_0 = 01542$	$\log q_0 = 98442$	$b_0 = 14264$	$q_0 = 06986$
$\mu = \frac{180 - \beta}{85^\circ 15' 23''}$	$\log h = \frac{\log \sin \mu}{\log \sin \mu} \left. \vphantom{\log h} \right\} 99985$	$\log c = \frac{\log \cos \mu}{\log \cos \mu} \left. \vphantom{\log c} \right\} 89175$	$\log \frac{p_0}{q_0} = 99566$	$h = 09966$	$e = 00827$

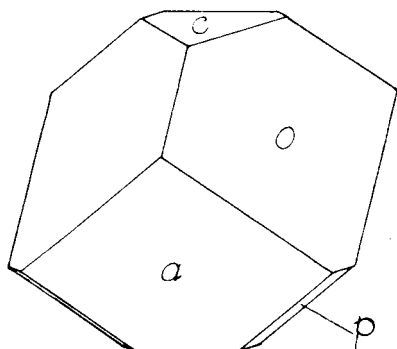
Sor-szám	Betűk	Sym-bol	Miller	$\varphi$	$\varrho$	$\xi_0$	$\eta_0$	$\xi$	$\eta$	$\frac{x'}{x:y}$ Prizmák	$y'$	$d' = \frac{1}{\tan \varrho}$
1.	$c$	0	001	$90^\circ 00'$	$4^\circ 45'$	$4^\circ 45'$	$0^\circ 00'$	$4^\circ 45'$	$0^\circ 00'$	00831	0	00831
2.	$a$	$\infty 0$	100	$90^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$0^\circ 00'$	$90^\circ 00'$	$0^\circ 00'$	$\infty$	0	$\infty$
3.	$d$	-10	101	$90^\circ 00'$	$28^\circ 53'$	$28^\circ 53'$	$0^\circ 00'$	$28^\circ 53'$	$0^\circ 00'$	05515	0	05515
4.	$e$	$+\frac{1}{2}$	112	$48^\circ 47'$	$28^\circ 00'$	$21^\circ 48'$	$19^\circ 19'$	$20^\circ 41'$	$18^\circ 01'$	04002	03505	05317
5.	$p$	+1	111	$45^\circ 40'$	$45^\circ 05'$	$35^\circ 39'$	$35^\circ 02'$	$30^\circ 26'$	$29^\circ 40'$	07175	07010	10029
6.	$t$	$-\frac{2}{3}$	223	$36^\circ 02'$	$30^\circ 01'$	$18^\circ 47'$	$25^\circ 03'$	$17^\circ 07'$	$23^\circ 52'$	03400	04674	05777
7.	$o$	-1	111	$38^\circ 11'$	$41^\circ 44'$	$28^\circ 53'$	$35^\circ 02'$	$24^\circ 18'$	$31^\circ 33'$	05515	07010	08920
8.	$s$	-2	221	$40^\circ 14'$	$61^\circ 26'$	$51^\circ 15'$	$54^\circ 30'$	$34^\circ 34'$	$42^\circ 06'$	12462	14021	18367

Ügyszólván az összes kristályokon a negatív negyedik fajta prismák lapjai uralkodnak, a kristályok legnagyobb része rövidprismás habitusú. Általában a negatív formák mindég erősebben fejlettek, mint a pozitív formák, ezért is ábrázoltam a kristályokat (a 3. ábra kivételével) a főtengely körül 180 fokkal elfordítva. Ritkábbak a  $c$  lap erősen fejlett volta folytán vastagtáblás kristályok, melyeken a pozitív és negatív formák körülbelül egyensúlyban fejlődtek ki.

A nagyobb, mindég rövidprismás habitusú kristályokat rendszerint mindössze három forma építi fel: a  $c$  (001),  $a$  (100) és az



1. ábra.

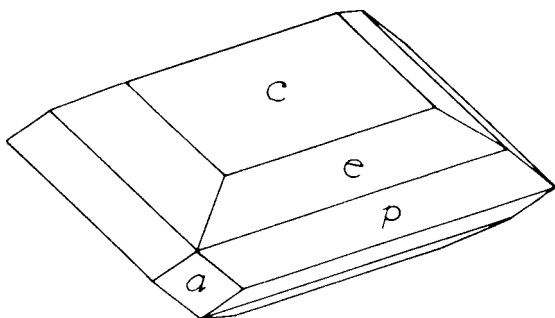


2. ábra.

$o$  ( $\bar{1}11$ ) (1. ábra). Dominálnak a  $c:o$  metsződési éllel parallel sűrűn rostozott, kissé homorú negatív negyedik fajta prisma lapjai. A szintén jól fejlett  $a$  (100) lapok az  $a:c$  metsződési éllel parallel rostozottak, gyengén domborúak. A kicsiny, háromszögletű  $c$  (001) lapok fényesek s kissé rendesen görbültek. Jó reflexet egyik lap sem ad. Egyes nagyobb kristályokon igen keskeny, erősen rostozott sáv alakjában a  $p$  (111) forma lapjai is megjelennek (2. ábra).

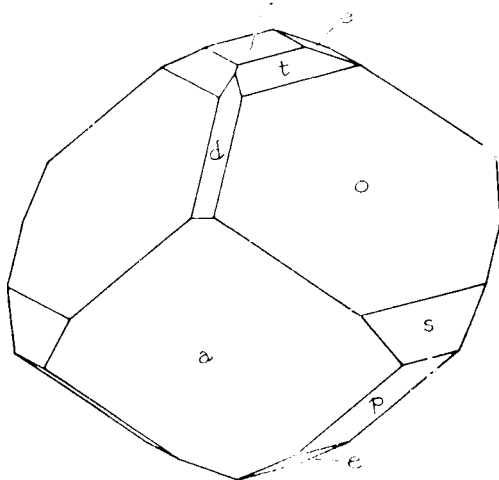
A kisebb kristályok lapokban gazdagabbak, a rajtok fellépő formák lapjai általában fényesebbek, néha azonban gyengén görbültek s többé-kevésbé rostozottak. Legnagyobb részük szintén rövidprismás habitusú, vastagtáblás egyének (3. ábra) ritkák.

A negatív formák közül a  $t$  ( $\bar{2}23$ ) és az  $o$  ( $\bar{1}11$ ) minden kristályon megtalálhatók, a  $d$  ( $\bar{1}01$ ) már ritkább. Az  $s$  ( $\bar{2}21$ ) lapjait



3. ábra.

meg csak egyetlen kristályon észleltem (4. ábra). A két pozitív negyedik fajta prisma lapjai minden kisebb kristályon szerepelnek, közülük a  $p$  ( $111$ ) lapok fejlettek erősebben.



4. ábra.

A megvizsgált hét kisebb kristályon a formák eloszlása a következő:

$c$	$a$	$d$	$e$	$p$	$t$	$o$	$s$
7	7	3	7	7	7	7	1

A lapok közül a kicsiny, rombus alakú bázis és a pozitív negyedik fajta prismák lapjai szolgáltatják még aránylag a legjobb reflexeket. Elég jó reflexeket adnak a negatív második fajta véglapnak ritkán szereplő, keskeny lapocskái is. Az *a* véglap mindég jól fejlett lapjai kissé rostozottak, domborúak. A leggyengébb reflexeket a negatív negyedik fajta prismáknak többé-kevésbé görbült, rostozott lapjai szolgáltatják.

Ikreket, parallel összenövést nem észleltem, a gyakori kristálycsoportokat szabálytalanul összenőtt kristályegységnek építik fel.

Az ásvány rideg, nem hasad, törése egyenetlen. A sima kristálylapok ólomszürkék, élénk fémfénnyel, a rostozottak világos acélszürkék, homályosan csillogóak. Néha acélkékre, ritkábban bronzsínre futtatott. Karca vörhenyes-szürke, keménysége valamivel kettő felett van.

Forrasztócső előtt könnyen olvad, a szénen sárga, majd fehér verődéket ad. Nyílt üvegesőben könnyen olvad, közben kénes gőzöket és  $Sb_2O_3$  verődéket ad. Tömény sósav és salétromsav nem támadja meg.

Ércmikroskopi vizsgálatra egy kristálykáját pecsétviaszba olvasztva csiszoltam. Igen lágy, könnyen fényesíthető. A csiszolt felület élénk fehér fénnel tükröz. A felületet a felsorolt kém-szerek hatásának tettem ki a következő eredménnyel:

1 : 1 $HNO_3$	— — — — —	negatív;
1 : 1 $HCl$	— — — — —	negatív;
20% $KCN$	— — — — —	negatív;
20% $FeCl_3$	— — — — —	negatív;
40% $KOH$	— — — — —	huzamosabb (60 sec.) behatásra gyengén barnásra futtatódik, nedves váznon gyengén dörzsölve, a szín eltűnik, az ásvány változatlan,
5% $HgCl_2$	— — — — —	
Királyviz	— — — — —	cca. 20 sec. étetésre barnássárgára, majd kékesre futtatódik. Gyenge dörzsölésre a szín eltűnik, a felület szürkés. Huzamosabb ideig tartó (50—60 sec.) étetésre az ásvány sötétszürke színt ölt, benne elszórtan néhány igen apró, erősen fénylő, gyengén sárgászínű szemecskével.



Az ásvány fajsúlya és összetétele FINÁLY I. szerint:

F.s.: 5.24.

		Mol. viszony:
Pb	— — — — 28.29%	2
Sb	— — — — 47.50%	5.68
S	— — — — 24.10%	11
SiO <sub>2</sub>	— — — — 0.19%	
	<u>100.08%</u>	

Ezen adatokból számított képlet megközelítőleg  $Pb_2Sb_6S_{11}$ , illetve 2  $PbS$ . 3  $Sb_2S_3$ .

A fülöppit kémiai összetételét és kristallographiai állandóit az eddig e szempontokból jól ismert két monoklin ólom-antimonsulfiddal egybevetve:

		Tengelyarány:	
		$a : b : c$	$\beta$
Fülöppit	— — — 2 $PbS$ . 3 $Sb_2S_3$	1.1087 : 1 : 0.7011	94° 44'
Plagionit	— — — 5 $PbS$ . 4 $Sb_2S_3$	1.1305 : 1 : 0.8422	107° 15'
Semseyit	— — — 9 $PbS$ . 4 $Sb_2S_3$	1.1356 : 1 : 1.0218	105° 46'

megerősítve látjuk G. F. H. SMITH-nek <sup>2</sup> azt az észlelését, hogy e csoportban a kémiai összetétel változásával az  $a$  tengely értéke keveset változik, ellenben jelentősen megváltozik a  $c$  tengely és a  $\beta$  szög értéke.

A sor első tagja, a fülöppit, mint láttuk, majdnem mindég rövid prismás habitusú kristályokban, a plagionit már rövid prismás és  $c$  szerint táblás, a semseyit pedig mindég a  $c$  szerinti vékonyabb-vastagabb táblás kristályokban lép fel.

A fülöppit kristályai és kristályhalmazai egy sötétebb acélszürke, vékony tús ásvánnyal együtt fordulnak elő. A néha majdnem egészen fekete, bágyadt fémfényű tücskék rendesen sugaras, máskor tömött gömbös halmazokat képeznek, finom szálaik néha plumositszerűleg kúszálódnak össze. Az ásvány rideg, törése égyenetlen, karca sötétszürke, keménysége kettő körül van. Igen

<sup>1</sup> ZAMBONINI: Rivista di Min. e Crist. Italiana. Vol. XLI. (1912) p. 21. (A  $c$  ott közölt értékének felét vettem.)

<sup>2</sup> Min. Magazine. Vol. XVIII. (1919) p. 354—360.

vékony tüalaku kristályai, melyek néha kékesre futtatottak, nem mérhetők.

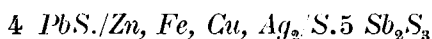
Az ásvány fajsúlyát és chemiai összetételét Finály határozta meg:

*F.s.5.23*

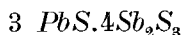
		Mol. viszony:
<i>Pb</i> _ _ _ _	29.33 %	3
<i>Fe</i> _ _ _ _	0.08 %	
<i>Sb</i> _ _ _ _	46.17 %	8.04
<i>S</i> _ _ _ _	23.10 %	15.27
<i>SiO<sub>2</sub></i> _ _ _ _	0.94 %	
	<hr/> 99.62 %	

Ezen összetételből a következő képlet vezethető le:  $Pb_3Sb_8S_{15}$ , illetve 3  $PbS.4 Sb_2S_3$ . A feleslegben levő kén néhol kicsiny, fényeslapú kristálykák alakjában váltott ki s telepedett a tücskékre.

Ez a tús ásvány nagy morphologiai hasonlóságot mutat GORDON keeleyitjéhez s a keeleyitnek most folyó további vizsgálata fogja eldönteni, hogy helyes-e az E. V. SHANNON és M. N. SHORT által megállapított



képlet, vagy az idegen alkotórészekről teljesen mentes anyag szintén a



képlethez vezet. *Amennyiben az első képlet volna a keeleyitnek tényleges képlete, úgy e tücskék szintén egy új ásványt representálnak.*

A leírt két ásványnak és quarznak tömött elegye, mely többkevesebb barnás sphaleritet zár magába, képezi az alapanyagot. Ez a centiméter, vagy néha csak néhány milliméter vastagságú alapanyag kisebb-nagyobb üregeket zár körül, az üregek falán ülnek a keeleyitnek (?) sugaras-tús halmazai, ezeken helyezkednek el a fülöppitnek homályosan csillogó vagy élénk fémfényű és a sphaleritnak feketés, néha kékesre futtatott kristályai, illetve kristályhalmazai. Az ércek közül a fülöppitnek kivállása fejező

dött be leghamarabb, a sphalerit a legkésőbbben. Egyes darabokon néhány quarz kristályka látható; az érceken néhol barnás dolomit romboederek ülnek s az említett piciny kén kristálykák.

A fülöppitre vonatkozó mért és számított szögértékeket a következőkben adom:

	Nagyobb kristályo- kon nyert határ- értékek:	Kisebb kristályo- kon nyert közép- értékek:	Számított értékek:
$a : c = 100 : 001$	$84^{\circ} 59' - 86^{\circ} 31'$	$85^{\circ} 12'$	$85^{\circ} 15' 23''$
$a' : c = \bar{1}00 : 001$	$94^{\circ} 50' - 95^{\circ} 35'$	$94^{\circ} 50'$	$94^{\circ} 44' 37''$
$d : c = \bar{1}01 : 001$	$32^{\circ} 23' - 33^{\circ} 40'$	$33^{\circ} 35'$	$33^{\circ} 37' 03''$
$e : c = 112 : 001$	$24^{\circ} 19' - 26^{\circ} 52'$	$24^{\circ} 37'$	$24^{\circ} 37' 43''$
$e : e' = 112 : \bar{1}\bar{1}2$	$36^{\circ} 20' - 37^{\circ} 13'$	$36^{\circ} 20'$	$36^{\circ} 02' 12''$
$e : p = 112 : 111$	$16^{\circ} 36' - 17^{\circ} 20'$	$17^{\circ} 08'$	$17^{\circ} 10' 17''$
$p : c = 111 : 001$	$40^{\circ} 53' - 42^{\circ} 04'$	$41^{\circ} 48'$	$41^{\circ} 48'$
$p : a = 111 : 100$	$58^{\circ} 51' - 59^{\circ} 58'$	$59^{\circ} 34'$	$59^{\circ} 34'$
$p : p' = 111 : \bar{1}\bar{1}1$	$59^{\circ} 00' - 59^{\circ} 48'$	$59^{\circ} 20'$	$59^{\circ} 20'$
$t : c = \bar{2}23 : 001$	$30^{\circ} 21' - 34^{\circ} 26'$	$32^{\circ} 58'$	$33^{\circ} 01' 33''$
$t : t' = \bar{2}23 : \bar{2}\bar{2}3$	$47^{\circ} 00' - 48^{\circ} 39'$	$47^{\circ} 00'$	$47^{\circ} 02' 34''$
$o : c = \bar{1}11 : 001$	$43^{\circ} 28' - 45^{\circ} 33'$	$44^{\circ} 45'$	$44^{\circ} 47' 24''$
$o : o' = \bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1$	$63^{\circ} 30' - 64^{\circ} 41'$	$63^{\circ} 30'$	$63^{\circ} 05' 26''$
$o : d = \bar{1}11 : \bar{1}01$	$31^{\circ} 49' - 32^{\circ} 00'$	$31^{\circ} 49'$	$31^{\circ} 32' 43''$
$o : p = \bar{1}11 : 111$	$54^{\circ} 11' - 54^{\circ} 16'$	$54^{\circ} 16'$	$54^{\circ} 44'$
$s : c = \bar{2}21 : 001$	$63^{\circ} 56' - 64^{\circ} 10'$	$64^{\circ} 10'$	$64^{\circ} 33'$
$s : s' = \bar{2}21 : \bar{2}\bar{2}1$	—	—	$84^{\circ} 12'$

Budapest, 1929. Készült a Pázmány P. Tud. Egyetem ásv.-  
közettani Intézetében.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929. június hó 3.-án tartott üléséből.)

# FÜLÖPPIT, EIN NEUES MINERAL VON NAGYBÁNYA.

Von SÁNDOR KOCH.

Den Fülöppit hatte ich zu Ehren des begeisterten ungarischen Sammlers und Mäcenas unseres Museums, Dr. BÉLA FÜLÖPP benannt.

Das Mineral kommt in Nagybánya, in dem Kereszthegyer Bergwerke vor. Das Axenverhältnis der monoklin holoeidrischen Kristalle ist:

$$a : b : c = 1.1087 : 1 : 0.70106 \quad \beta = 94^\circ 44' 37''.$$

An den grösstenteils kurzprismatischen, seltener nach der Basisfläche dicktafeligen Kristallen konnte ich die folgenden 8 Kristallformen feststellen:

$c$  (001),  $a$  (100),  $d$  ( $\bar{1}01$ ),  $e$  (112),  $p$  (111),  $t$  ( $\bar{2}23$ ),  $o$  ( $\bar{1}11$ ),  $s$  ( $\bar{2}21$ ).

Die grösseren (1 bis 2 mm) Kristalle (Fig. 1—2) sind stahlgrau, mattflächig, die immer flächenreicher kleinen Kristalle (Fig. 3—4) sind bleigrau, lebhaft metallglänzend.

Spaltung konnte ich nicht beobachten, Bruch muschelig, das Mineral ist spröde. Strich rötlichgrau, Härte etwas über 2. Spez. Gew. (I. FINÁLY): 5.24. Chemische Formel (I. FINÁLY):  $Pb_2Sb_6S_{11}$  bzw.  $2PbS.3Sb_2S_3$ .

Der Fülöppit kommt mit einem dunkelstrahlgrauen, feinnadeligen Mineral vor. Die Kristallform der radial gruppierten Nadeln ist nicht bestimmbar. Spez. Gew. (I. FINÁLY): 5.23, Chemische Formel (I. FINÁLY):  $Pb_3Sb_8S_{15}$  bzw.  $3PbS.4Sb_2S_3$ .

Ich halte es wahrscheinlich, das dieses Mineral identisch ist mit S. Gordons Keeleyit.

Der Fülöppit und Keeleyit (?) kommen in der Gesellschaft schwarzlichen, kleinen Sphaleritkristallen vor. Selten findet man an den Stücken einige Quarz-, braune Dolomit- und winzige Schwefelkristallen.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 3. Juni 1929.)

## A FÜLÖPPIT ÉS KEELEYIT KÉMIAI ELEMZÉSE.

Ifj. kendi FINÁLY ISTVÁN-tól.

(Közlemény a M. kir. Földtani Intézet kémiai laboratóriumából.  
Vezető: dr. EMSZT KÁLMÁN.)

Dr. KOCH SÁNDOR egyetemi magántanár úr kétféle ásványos anyagot adott át laboratóriumunknak kémiai elemzés céljából. A kvalitatív vizsgálat során mindkettő ólom-antimonszulfid összetételűnek mutatkozott, főalkotóelemeik a következők lévén: *Pb*, *Sb*, *S* és minimális *Fe* szennyezés. Ezüst egyikükben sem volt kimutatható.

Az elemzéshez felhasznált anyagnak előzőleg a fajsúlyát is meghatároztam. Ebből a célból a tisztított anyagot, mely különös gonddal kiválogatott szép kristályokból állott, alkohollal és ætherrel lemostam és 110 C°-on kiszáritottam. Tekintettel arra, hogy mindkét ásványból csak igen kevés anyag állott rendelkezésemre, a fajsúly pontos meghatározására egy WINKLER-féle piknométert készítettem lekicsinyített, mintegy mikro-alakban, úgyhogy e körülbelül négy gr súlyú piknométer vízzel megtöltve is csak körülbelül hét gr-ot nyomott és így könnyen lehetett ezt is a mikromérlegen mérnem.

A kvantitatív kémiai elemzést ismert módszerek szerint végeztem el. Az ólom és antimon meghatározása céljából a porcelláncsónakba pontosan lemért anyagot *Cl*-áramban feltártam,<sup>1</sup> a maradékot szűrőre vivén, az ólmot forró vízzel kimos-tam a csekély mennyiségű oldhatatlan rész mellől és az oldatból az ólmot WINKLER szerint<sup>2</sup> szulfát alakban lecsaptam és kehely-

<sup>1</sup> TREADWELL, W. D.: Kurzes Lehrbuch d. anal. Chemie, 1922, II., 307.

<sup>2</sup> WINKLER, L. W.: Zeitschr. f. angew. Chemie, 35. 662. (1922).

tölséren szűrve, szárítás után mértem. A  $Cl$ -feltárásnál kapott sósavas-borkósavas antimonoldatból kénhidrogénnel választottam le az antimont és  $CO_2$ -áramban triszulfidá<sup>1</sup> alakítva mértem. A kén meghatározására külön próbát tartam fel a FRESSENIUS-féle módszer<sup>2</sup> szerint, azzal a módosítással, hogy a szulfáttá alakított ként WINKLER szerint csaptam és szűrtem le és le mérés után a megfelelő WINKLER-korrekciókat<sup>3</sup> alkalmaztam.

Az elemzések a következő eredménnyel jártak:

	Fülöppit:	Keeleyit (?) :
Leírása:	Apró, fényes felületű, világos acélszürke kristálykák.	Hosszú, tűalakú feketés kristályok, sugaras kévekbe összenötten.
Fajsúlya:	$d_{20^\circ/20^\circ} = 5.24$	$d_{20^\circ/20^\circ} = 5.23$
Összetétele:	$Pb \text{ --- } 28.29\%$	$Pb \text{ --- } 29.33\%$
	$Fe \text{ --- } \text{ nincsen }$	$Fe \text{ --- } 0.08\%$
	$Sb \text{ --- } 47.50\%$	$Sb \text{ --- } 46.17\%$
	$S \text{ --- } 24.10\%$	$S \text{ --- } 23.10\%$
	Oldhatatlan $\text{--- } 0.19\%$	Oldhatatlan $\text{--- } 0.94\%$
	Összeg: $100.08\%$	Összeg: $99.62\%$

A fenti elemzési adatokból a következő molekuláris összetételt vezethetjük le. A fülöppit 100%-ára átszámított adataiból számított molekulaarányok:

$Pb \text{ --- } 28.32$	0.1367	1	2
$Sb \text{ --- } 47.55$	0.3904	2.84	5.68
$S \text{ --- } 24.13$	0.7524	5.50	11.00
Összesen: $100.00.$			

Amint ez adatokból látható  $Pb_2Sb_6S_{11}$ , azaz  $2PbS.3Sb_2S_8$  a molekuláris összetétele a fülöppitnek, ha az antimonra adódó kissé alacsony 5.68 értéket 6-ra kerekítjük ki. A  $2PbS.3Sb_2S_8$  összetételnek a következő adatok felelnének meg:

<sup>1</sup> TREADWELL: Loc. cit., II. 180.

<sup>2</sup> Ibidem, II. 306.

<sup>3</sup> L. W. WINKLER: Ztschr. f. angew. Chem. 30. I. 251 (1917) 33. I. 59. és 159. (1920).

<i>Pb</i> _ _ _ _ _	27·66 %
<i>Sb</i> _ _ _ _ _	48·78 %
<i>S</i> _ _ _ _ _	23·56 %
Összesen : 100·00 %.	

A keeleyitre (?) nézve elvégezve az előbbi számításokat, a következő eredményre jutunk. A minimális *Fe* tartalmat figyelmen kívül hagyva, és 100 %-ra átszámítva, az összetétel:

<i>Pb</i> _ _ _ _	29·75	0·1436	1	2	3
<i>Sb</i> _ _ _ _	46·82	0·3844	2·68	5·36	8·04
<i>S</i> _ _ _ _	23·43	0·7306	5·09	10·18	15·27
Összesen : 100·00.					

Az itt mutatkozó csekély kénfelesleg azzal magyarázható, hogy rendkívül apró kénkristálykák tapadhattak a keeleyit (?) kristályaihoz. A keeleyit (?) összetétele eszerint a  $Pb_3Sb_8S_{15}$ , azaz  $3PbS \cdot 4Sb_2S_3$  képlethez vezetne. Összehasonlítául közlöm a fenti képletnek megfelelő elméleti összetételt is:

	$3PbS \cdot 4Sb_2S_3$ :	Keeleyit (?)
<i>Pb</i> _ _ _ _ _	29·92 %	29·75 %
<i>Sb</i> _ _ _ _ _	46·91 %	46·82 %
<i>S</i> _ _ _ _ _	23·17 %	23·43 %
Összesen : 100·00 %.		100·00 %.

Befejezésül nem mulaszthatom el, hogy hálás köszönetet ne mondjak laboratóriumunk vezetőjének, dr. EMSZT KÁLMÁN, m. kir. főgeológus-fővegyszerész úrnak, ki a dolgozat elkészítését lehetővé tette.

Budapest, 1929 április havában.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929. évi április 22.-én tartott üléséből.)

# CHEMISCHE ANALYSE VON FÜLÖPPIT UND KEELEYIT.

Von S. v. FINÁLY.

(Mitteilung aus dem chemischen Laboratorium der Kön. Ung. Geologischen  
Reichsanstalt. Vorsteher: Dr. Koloman Emszt.)

Beide Mineralien wurden mit den üblichen Standardmethoden analysiert. Sie hatten folgende Zusammensetzung:

	Fülöppit:	Keeleyit (?):
	$\delta^{20^\circ}/_{20^\circ} = 5.24$	$\delta^{20^\circ}/_{20^\circ} = 5.23$
Gangart	0.19 %	0.94 %
Ag	—	—
Fe	—	0.08 %
Pb	28.29 %	29.33 %
Sb	47.50 %	46.17 %
S	24.10 %	23.10 %
	<u>100.08 %.</u>	<u>99.62 %.</u>

Die Daten dieser Analysen führen zu folgenden Molekularverhältnissen:

2 : 5.68 : 11.00 bzw. 3 : 8.04 : 15.27, sodass dem Fülöppit die Formel

$Pb_2Sb_6S_{11}$  oder  $2PbS.3Sb_2S_3$  und dem Keeleyit(?) die Formel

$Pb_3Sb_8S_{15}$  oder  $3PbS.4Sb_2S_3$  zugeschrieben werden kann.  
Budapest, April 1929.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 9. April 1929.)



## AZ $NO\gamma$ -SÁVOK INTENZITÁSÁRÓL.

POGÁNY BÉLA 1. tagtól és SCHMID REZSŐ vendégtől.

Egy megelőző közös cikkünkben beszámoltunk az  $NO\gamma$  sávok szinképpen észlelhető ZEEMAN-jelenségről <sup>1</sup> és egyikünk <sup>2</sup> közölte a (0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), (2, 3), (3, 4) sávok vonalainak GUILLERY<sup>3</sup>-nek a (0, 2), (0, 3), (0, 4), (1, 4) sávokra vonatkozó vizsgálataihoz csatlakozó kimérését és besorozását.

A  $\gamma$ -sávok többszörös elektronenergia-nívók közötti átmenetekből erednek, nevezetesen a  $^2S \rightarrow ^2P$  átmenetből.

Az idézett cikkek megjelenése óta a kétatómú molekulák többszörös elektronenergia-nívóinak szisztematikája és különösen a kettős energia-nívóké, nagy lépésekkel haladt előre. A fejlődés alapját F. HUND<sup>4</sup> alapvető értekezése képezi, melyben az atomspektrumok multiplett vonalainak elméletét a molekulá-spektrumokra alkalmazza. A két magból és elektronokból álló molekulában az elektronoktól származó impulzusnyomaték két részből tevődik össze: 1. minden  $i$ -edik elektrópályához tartozik egy  $k_i$  impulzusnyomatéki vektor és 2. minden  $i$ -edik pörgettyűnek tekintett elektron egy  $s_i = \frac{1}{2}$  nagyságú pörgettyű-impulzusnyomatékot (electron spin angular momentum) ad. A  $k_i$  vektorok eredőjét jelöljük  $k$ -val, az  $s_i = \frac{1}{2}$  vektorokét  $s$ -sel. HUND elmélete szerint  $k$  egyenletes precessziós mozgást végez a magokat összekötő (internucleáris) tengely körül. Az ehhez tartozó  $\sigma_k$  kvantumszám jelenti  $k$ -nak az internucleáris tengelyre

<sup>1</sup> POGÁNY BÉLA és SCHMID REZSŐ: Mat. és Természettud. Ért. XLV. 472, 1928.

<sup>2</sup> SCHMID REZSŐ: Mat. és Természettud. Ért. XLV. 481, 1928.

<sup>3</sup> M. GUILLERY: Ztschr. f. Physik, Bd. 42, 121, 1927.

<sup>4</sup> F. HUND: Ztschr. f. Physik. Bd. 36, 657, 1926.

való vetületét.  $\sigma_k$  a  $\sigma_k = 0, \pm 1$  kiválasztási szabálynak van alávetve.  $k$  és  $s$ , illetőleg a gyors precesszió miatt középértékben csak  $\sigma_k$  és  $s$  között mágneses kölcsönhatás van. HUND most két esetet különböztet meg.

A *a*) esetben a mágneses kölcsönhatás  $\sigma_k$  és  $s$  között nagy,  $s$  az internucleáris tengelyhez viszonyítva kvantumozva van (e tengely körül precessziós mozgást végez); jelöljük az ehhez tartozó kvantumszámot, mely  $s$ -nek az internucleáris tengely irányában vett összetevőjét jelenti,  $\sigma_s$ -el.  $\Delta\sigma_s = 0$  és mivel  $\sigma = \sigma_k + \sigma_s$ , tehát fentiek szerint  $\Delta\sigma = 0, \pm 1$ .  $\sigma_k$  most annak a vektornak a szerepét játssza, melyet az atómmultiplettek elméletében SOMMERFELD  $j_a$ -val jelöl, míg viszont  $s$  megfelel  $j_s$ -nek. A többszörös energianívók most  $s$ -nek  $\sigma_k$ -hoz való különböző irányítása folytán általában ugyanúgy jönnek létre, mint az atómspektrumokban.

A *b*) esetben a mágneses kölcsönhatás  $s$  és  $\sigma_k$  között kicsiny, ekkor a forgatónyomaték, mely  $s$ -t  $\sigma_k$ -nak, vagyis az internucleáris tengelynek a követésére kényszeríti a magok rotációja alkalmával, nem elegendő nagy, különösen, ha az  $m$  rotációs kvantumszám növekedésével a magok forgása gyorsabb lesz. Ebben az esetben  $s$  a  $j_k$ -hoz viszonyítva van kvantumozva, hol  $j_k = m + \sigma_k$  (vektoriálisan értve). Továbbá  $j_k + s = j$  (vektoriálisan értve). Az extrem *b*) eset tehát annál inkább meg van valósítva, mennél nagyobb  $m$ , illetőleg  $j$ . Általában az *a*) eset és *b*) eset között folytonos átmenet lehetséges.

A kérdéses NO molekula úgynevezett páratlan molekula, mert elektronjainak száma  $7 + 8 = 15$ . Páros, tehát kettős elektron-energianívók ilyen páratlan molekuláknál lépnek fel, mint például atómspektrumok esetében a  $Z=11$  rendszámú Na-nál. Kettős energianívók, kettős  $^2S, ^2P, \dots$  termszisztéma esetében az elektronpörgettyük impulzusnyomatékának eredője  $s = \frac{1}{2}$ , hármas termszisztémáknál  $s = 1$ , stb. épp úgy, mint az atómnál. S-nívóknál  $\sigma_k = 0$ , P-nívóknál  $\sigma_k = 1$  stb.

Az S-nívóknál  $\sigma_k = 0$  lévén, a mágneses kölcsönhatás  $\sigma_k$  és  $s$  között zérus, az S-nívók tehát mintegy automatikusan a HUND-féle *b*) esetbe tartoznak. Itt a tapasztalat szerint  $s$  az internucleáris tengelyre merőlegesen,  $m$ -mel párhuzamosan vagy

antipárhuzamosan helyezkedik el, KEMBLE<sup>1</sup> szerint a rotáció folyamán a magok és elektronok töltése által létesített, az intranucleáris tengelyre merőleges mágneses tér hatására. Mivel  $\sigma_k=0$ , tehát  $j_k=m$  és  $j=j_k \pm \frac{1}{2} = m \pm \frac{1}{2}$ .

E. L. HILL és J. H. van VLECK<sup>2</sup> egy nemrég megjelent dolgozatukban az új kvantummechanika alapján a következő zárt kifejezést adják a kettős elektronenergianívók nagyságára vonatkozólag

$$W_{\pm} = [(j + \frac{1}{2})^2 - \sigma_k^2 \pm \frac{1}{2} \{4(j + \frac{1}{2})^2 + \lambda(\lambda - 4)\sigma_k^2\}^{\frac{1}{2}}] \cdot \frac{h^2}{8\pi^2 I}, \quad (1)$$

hol  $\lambda = \frac{8\pi^2 AI}{h^2}$  és  $A$  a  $\sigma_k$  és  $s$  mágneses kölcsönhatásának  $A \cos \vartheta$  alakú potenciáljában szereplő faktor.

A HUND-féle  $b)$  esetben  $A = \lambda = 0$ , tehát a  ${}^2S'$  állapotban ( $\sigma_k=0$ ) a következő két termet kapjuk:

$$\left. \begin{aligned} \frac{W_+}{h} &= F_2 = B(j + \frac{1}{2})(j + \frac{3}{2}) \\ \frac{W_-}{h} &= F_1 = B(j + \frac{1}{2})(j - \frac{1}{2}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\text{hol } B = \frac{h}{8\pi^2 I}.$$

Látható, hogy

$$F_1(j+1) = F_2(j), \quad (3)$$

ami az  $NO\gamma$ -sávok kezdőnívóinak jellemző sajátága.

A  $\gamma$ -sávok végnívói a HUND-féle  $a)$  esetben tartozó  ${}^2P$ -nívók:  ${}^2P_a$ . Ezek a szerint, hogy  $A$  pozitív vagy negatív, lehetnek normális vagy megfordított (inverted) dublettnívók  ${}^2P_{na}$  vagy  ${}^2P_{ia}$ . Az  $NO\gamma$ -sávok végnívói  ${}^2P_{na}$  nívók.

<sup>1</sup> E. C. KEMBLE: Bulletin of National Research Council Subcommittee on Molecular Spectra, 326—331 és 345—6. l.

<sup>2</sup> E. L. HILL and J. H. van VLECK: Phys. Rev. 1928, Vol. 32. 261. l. 27. formula.

<sup>3</sup> A (2) formulában a  $W_+$ , illetőleg  $W_-$  jelölésről, mely HILL és van VLECK dolgozatában  $j_1$  illetőleg  $j_2$ -nek felel meg, zavarok elkerülése végett áttérünk a MULLIKEN-féle  $F_2$  és  $F_1$  jelölésre, mely csatlakozik a Bulletin of National Research Council Subcommittee on Molecular Spectra egyébként általánosan elfogadott jelöléséhez.

Ennek alapján a különösen MULLIKEN<sup>1</sup> által kiépített szisztematika és jelölés szerint az  $NO\gamma$ -sávok nyolc ága a következőkép értelmezendő:

$$\begin{array}{lcl}
 \text{GUILLERY} & \text{MULLIKEN} & \\
 P_2(j - \frac{1}{2}) = & P_{11}(j) \left\{ \begin{array}{l} j-1 \rightarrow j \\ j_k-1 \rightarrow j_k \end{array} \right. & \\
 Q_2(j + \frac{1}{2}) = & Q_{11}(j) + {}^Q P_{21}(j) \left\{ \begin{array}{l} j \rightarrow j \\ j_k \rightarrow j_k \end{array} \right. \text{ ill. } \begin{array}{l} j-1 \rightarrow j \\ j_k-1 \rightarrow j_k \end{array} & \\
 R_2(j + \frac{3}{2}) = & R_{11}(j) + {}^R Q_{21}(j) \left\{ \begin{array}{l} j+1 \rightarrow j \\ j_k+1 \rightarrow j_k \end{array} \right. \text{ ill. } \begin{array}{l} j \rightarrow j \\ j_k+1 \rightarrow j_k \end{array} & \\
 R'_2(j + \frac{5}{2}) = & {}^{RR} R_{21}(j) \left\{ \begin{array}{l} j+1 \rightarrow j \\ j_k+2 \rightarrow j_k \end{array} \right. & \\
 P_1(j - \frac{1}{2}) = & {}^{PP} P_{12}(j) \left\{ \begin{array}{l} j-1 \rightarrow j \\ j_k-2 \rightarrow j_k \end{array} \right. & \\
 Q_1(j + \frac{1}{2}) = & P_{22}(j) + {}^P Q_{12}(j) \left\{ \begin{array}{l} j-1 \rightarrow j \\ j_k-1 \rightarrow j_k \end{array} \right. \text{ ill. } \begin{array}{l} j \rightarrow j \\ j_k-1 \rightarrow j_k \end{array} & \\
 R_1(j + \frac{3}{2}) = & Q_{22}(j) + {}^Q R_{12}(j) \left\{ \begin{array}{l} j \rightarrow j \\ j_k \rightarrow j_k \end{array} \right. \text{ ill. } \begin{array}{l} j+1 \rightarrow j \\ j_k \rightarrow j_k \end{array} & \\
 R'_1(j + \frac{5}{2}) = & R_{22}(j) \left\{ \begin{array}{l} j+1 \rightarrow j \\ j_k+1 \rightarrow j_k \end{array} \right. &
 \end{array} \quad (4)$$

A MULLIKEN-féle jelölésben a felső betűindex a  $j_k$  átmeneteket jelöli. Egyéb részletekre vonatkozólag utalunk MULLIKEN értekezésére. A szisztematika ezen kiépítésével adva volt az alap a vonalak intenzitásproblémájának a tárgyalására. Ennek fontosságára ORNSTEIN<sup>2</sup> 1927. évi kissingeni referátumában mutatott rá. Amint SOMMERFELD és HÖNL<sup>3</sup> az ORNSTEIN, BURGER és DORGELÓ-tól származó szummációs szabályok alapján intenzitásformulákat állapítottak meg az atómmultiplettek vonalaira, úgy HÖNL és LONDON, DIEKE, FORTRAT és végül MULLIKEN intenzitásformulákat adtak a többszörös molekula-elektronenergianívok közötti átmenetekből keletkező sávok vonalaira nézve. Ezek a

<sup>1</sup> R. S. MULLIKEN: Phys. Rev. 1928, vol. 32. 388. l.

<sup>2</sup> L. S. ORNSTEIN (Utrecht), Phys. Zeitschr. 28. 688, 1927.

<sup>3</sup> A. SOMMERFELD és H. HÖNL: Sitzgs. ber. d. Preuss. Akad., Math. Phys. Klasse, 1925, 141. l.

szummációs szabályok alapján nyerhető intenzitásformulák azonban csak a HUND-féle *a*) esetben sorozható nívóról ugyancsak *a*) típusú nívóra, vagy *b*) típusú nívóról ugyancsak *b*) típusú nívóra való átmenetekre vonatkoznak.

Csak a legújabb időben sikerült E. L. HILL és J. H. VAN VLECK-nek<sup>1</sup> a matrix-kalkulussal dolgozó új kvantummechanika segítségével az  $a \rightarrow b$  és  $b \rightarrow a$  átmenetekre vonatkozólag intenzitásformulákat levezetni, melyek tehát az általunk vizsgált  $NO\gamma$ -sávokra is alkalmazhatók.

HILL és VAN VLECK általános formulái  $\lambda$ , illetőleg  $A$  bármilyen pozitív vagy negatív értékei mellett alkalmazhatók, tehát akkor is, ha akár a kezdő- akár a végnívó nem tartoznak az extrem *a*) vagy *b*) esetben. Az  $ON\gamma$ -sávok  $^2S$  kezdő nívója a *b*) esetben,  $^2P$  végnívója pedig elegendő közelítéssel az extrem *a*) esetben tartozik, mert e  $^2P$ -nívóra nézve  $\lambda = +73$ . Ezért a kérdéses dolgozat 4. pontjában található egyszerűbb formulák használhatók. Ezekre nézve megjegyzendő, hogy a  $^2P_{na} \rightarrow ^2S$  átmenet különböző ( $\Delta j = 0, \pm 1$ ) eseteiben az átmenetek valószínűségeit adják a *kezdeti* állapothoz tartozó  $j$  rotációs-quantumszám (teljes impulzusnyomatek) függvénye gyanánt. E formulákat tehát a  $^2S \rightarrow ^2P_{na}$  átmenetre alkalmazva az átmenetek valószínűségeit nyerjük a *vég*-állapothoz tartozó  $j$  függvénye gyanánt. Ezzel párhuzamosan, ami a  $^2P_{na} \rightarrow ^2S$  átmenetben a  $P$ -ág valószínűsége volt, az a  $^2S \rightarrow ^2P_{na}$  átmenetben az  $R$ -ág valószínűsége lesz és viszont. Ezeket az átmeneti-valószínűségeket azután természetesen szorozni kell az

$$e^{-\frac{W_0}{kT}}$$

BOLTZMANN-faktorral, hol  $W_0$  a kezdeti állapot energiája (kifejezve a végállapothoz tartozó  $j$  függvénye gyanánt);  $T$  az abszolút hőmérséklet és  $k = 1.372 \cdot 10^{-16}$  erg  $C^\circ$  fok $^{-1}$ .

A (2) és (3) alatti összefüggéseket tekintetbe véve és egy közös faktort elhagyva, a (4) alatt felsorolt nyolc ág intenzitásai rendre

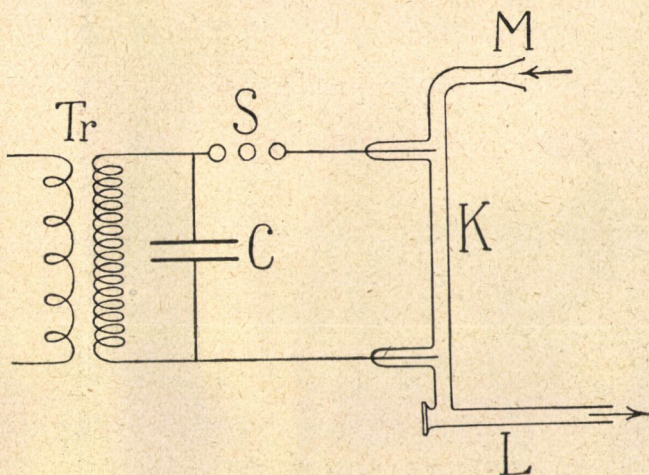
<sup>1</sup> E. L. HILL and J. H. van VLECK: Phys. Rev. 1928, vol. 32. 250. l.

$$\begin{aligned}
 P_{11}(j) & \dots\dots\dots \frac{4j^2-1}{32j} e^{-\frac{F_1(j-1) \cdot h}{kT}} = \frac{4j^2-1}{32j} e^{-(j-\frac{1}{2})(j-\frac{3}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 Q_{11}(j) + {}^Q P_{21}(j) & \frac{(2j+1)^3}{32j(j+1)} e^{-\frac{F_1(j) \cdot h}{kT}} + \frac{4j^2-1}{32j} e^{-\frac{F_1(j-1) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{(2j+1)(6j+5)}{32(j+1)} e^{-(j+\frac{1}{2})(j-\frac{1}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 R_{11}(j) + {}^R Q_{21}(j) & \frac{(2j+1)(2j+3)}{32(j+1)} e^{-\frac{F_1(j+1) \cdot h}{kT}} + \frac{(2j(j+1))^3}{32j(j+1)} e^{-\frac{F_1(j) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{(2j+1)(6j+1)}{32j} e^{-(j+\frac{3}{2})(j+\frac{1}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 {}^{RR} R_{21}(j) & \dots\dots\dots \frac{(2j+1)(2j+3)}{32(j+1)} e^{-\frac{F_1(j+1) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{(2j+1)(2j+3)}{32(j+1)} e^{-i + \frac{5}{2}(j+\frac{3}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 {}^{PP} P_{12}(j) & \dots\dots\dots \frac{(2j+1)(2j+3)}{32j} e^{-\frac{F_1(j-1) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{(2j+1)(2j+3)}{32j} e^{-(j+\frac{1}{2})(j-\frac{3}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 P_{21}(j) + {}^P Q_{12}(j) & \frac{(2j+1)(2j+3)}{32j} e^{-\frac{F_1(j-1) \cdot h}{kT}} + \\
 & + \frac{(4j^2-1)(2j+3)}{32j(j+1)} e^{-\frac{F_1(j) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{3(2j+1)(2j+3)}{32(j+1)} e^{-(j+\frac{1}{2})(j-\frac{1}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 Q_{22}(j) + {}^Q R_{12}(j) & \frac{(4j^2-1)(2j+3)}{32j(j+1)} e^{-\frac{F_1(j) \cdot h}{kT}} + \frac{4j^2-1}{32(j+1)} e^{-\frac{F_1(j+1) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{3(4j^2-1)}{32j} e^{-(j+\frac{3}{2})(j+\frac{1}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T} \\
 R_{22}(j) & \dots\dots\dots \frac{4j^2-1}{32(j+1)} e^{-\frac{F_1(j+1) \cdot h}{kT}} = \\
 & = \frac{4j^2-1}{32(j+1)} e^{-(j+\frac{3}{2})(j+\frac{3}{2})} \frac{h^2}{8\pi^2 I k T}
 \end{aligned} \tag{5}$$

E formuláknak a tapasztalatokkal való összehasonlítása céljából különböző gerjesztési körülmények között előállítottuk a  $NO$  sávok szinképét az intézet HILGER-féle  $E. 1.$  kvarzspektrográfjának segítségével.

Lefényképeztük először is a standardizált réz-ívben (melynek adatai: 220 volt, 3·5 amp., 5 mm atm. vegytiszta  $Cu$ -pálca, 6 mm hosszú ív) fellépő  $NO\gamma$ -sávokat.

Másodszor készültek felvételek kvarccsővekben ritkított (30–40 mm  $Hg$  nyomású) levegőívekről (a továbbiakban «va-



1. ábra.

kuum-ív»), melyeket körülbelül 2000 volt és 100 milliamp. terheléssel egy Boas-féle egyenáramú dinamógép táplált.

És végül előidézttük a  $\gamma$ -sávok emisszióját az aktív nitrogénnek tulajdonított nitrogén-útóvilágításban is. A körülbelül 50 KV-al gerjesztett  $Tr$  röntgentranszformátor (1. ábra) áramkörébe mintegy 1000 cm-es kapacitású  $C$  kondenzátor és  $S$  szikraközből, továbbá a kisülési csőből ( $K$ ) álló rezgési kört kapcsoltunk. A (kb. 98%-os) nitrogént bombából nyertük, mely  $M$ -nél fojtószelep és kapilláris közbeiktatásával közlekedett a  $K$  kisülési csővel. Erőteljes szivattyúzás alkalmazásával a kisülésben keletkező aktív nitrogén az  $L$  csövet megtölti karakterisz-



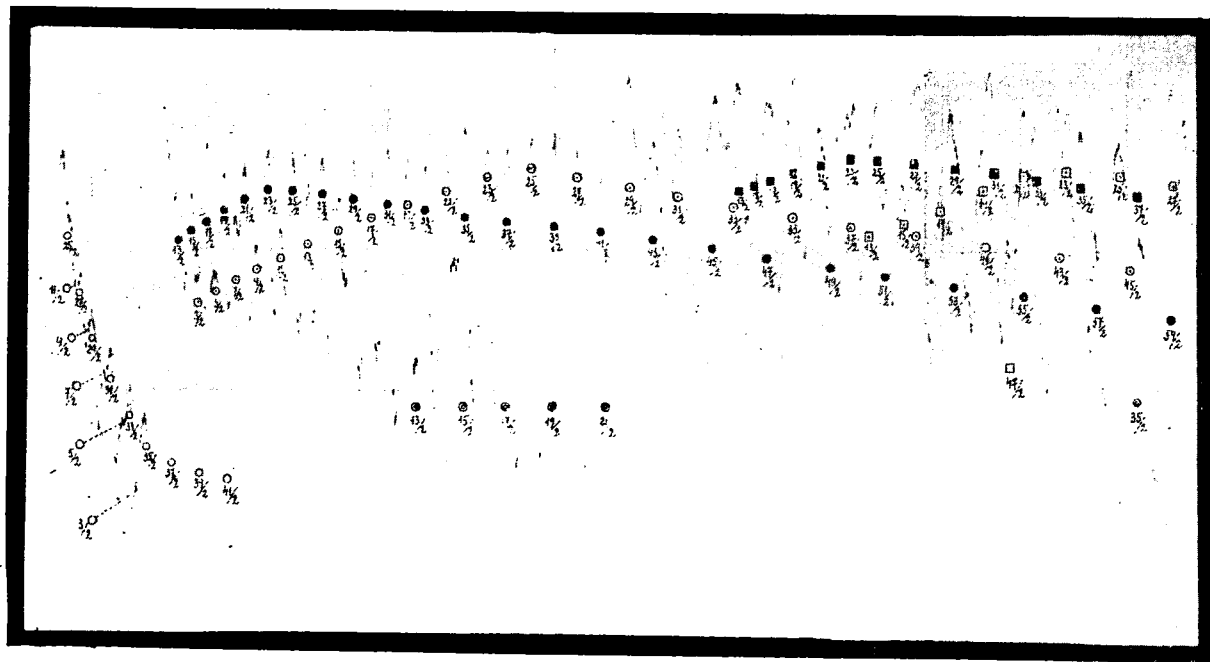


$\circ$   ${}^{PP}P_{12}$   
 $\bullet$   $P_{22} + {}^PQ_{12}$   
 $\odot$   $Q_{22} + {}^uR_{12}$   
 $\ominus$   $R_{22}$

$\square$   $P_{11}$   
 $\blacksquare$   $Q_{11} + {}^uP_{21}$   
 $\square$   $R_{11} + {}^uQ_{21}$   
 $\square$   ${}^{RR}R_{21}$

2. ábra.





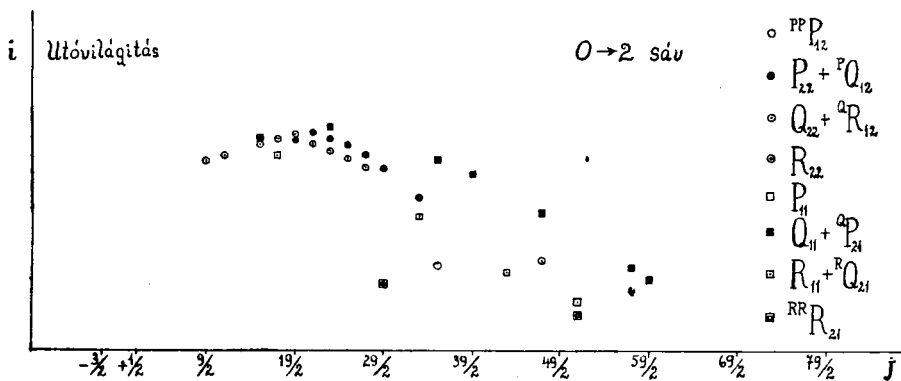
$\circ$   $^{\text{PP}}\text{P}_{12}$   
 $\bullet$   $\text{P}_{22} + ^{\text{P}}\text{Q}_{12}$   
 $\circ$   $\text{Q}_{22} + ^{\text{Q}}\text{R}_{12}$   
 $\circ$   $\text{R}_{12}$

$\square$   $\text{P}_{11}$   
 $\blacksquare$   $\text{Q}_{11} + ^{\text{Q}}\text{P}_{21}$   
 $\square$   $\text{R}_{11} + ^{\text{R}}\text{Q}_{21}$   
 $\blacksquare$   $^{\text{RR}}\text{R}_{21}$

3. ábra.

tikus citromsárga utóvilágításával, mely a gázáram alkalmas szabályozása mellett fakókék színt vesz fel a kereskedelmi nitrogénben jelenlévő kevés oxygen hatására keletkező nitrogénoxid sugárzása folytán. Az ilymódon nyert spektrumban az  $NO\gamma$  és  $NO\beta$  sávrendszerek együtt lépnek fel.

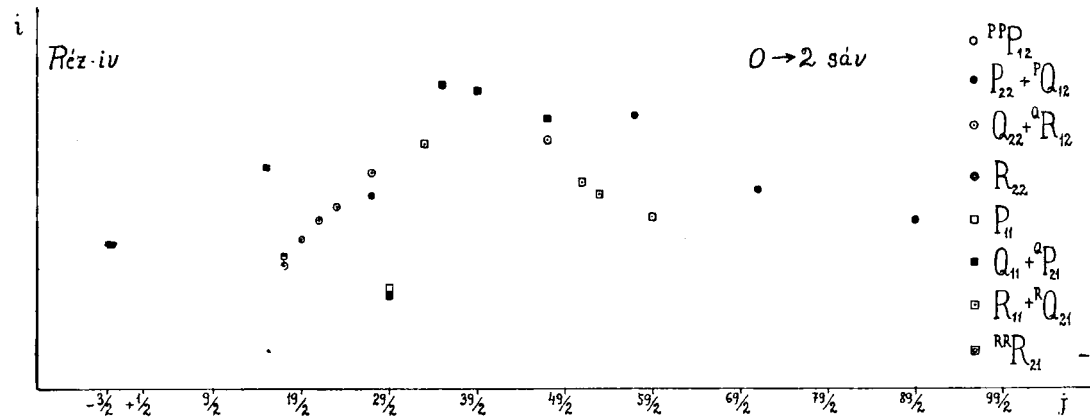
E felvételek fotometer-görbéit a ZEISS-féle fényelektromos regisztráló fotometer segítségével készítettük el. A fotometráló rés nagysága  $0.1 \text{ mm}^2$ , az áttétel  $1:27$  volt. A felvételek eszközlése alkalmával oly berendezésünk, mellyel minden egyes negatívon úgynevezett intenzitásjeleket állíthattunk volna elő



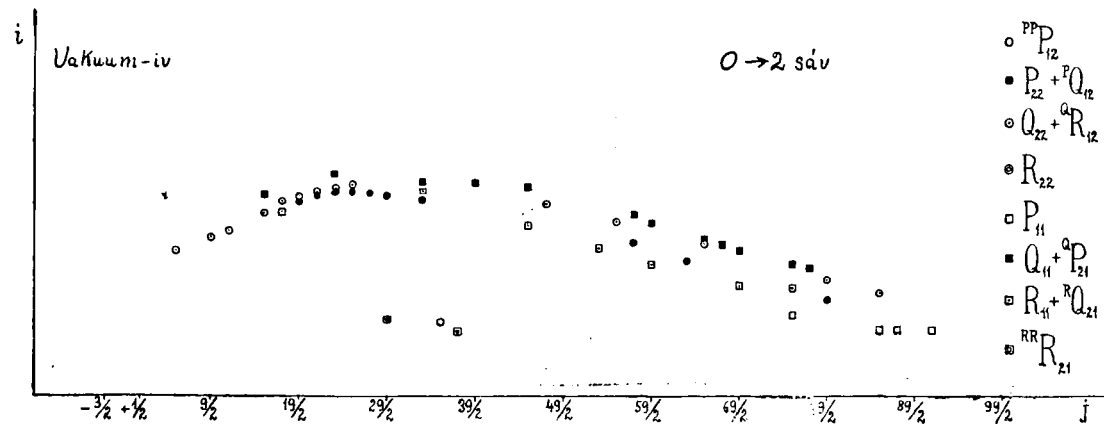
4. ábra.

abból a célból, hogy a fotometer-görbét intenzitás-görbére átértékeljük, még nem volt. Azonban már a fotometer-görbék alapján is vonhatók bizonyos kvalitatív következtetések az intenzitás-görbékre vonatkozólag.

Ily fotometer-görbék a 2. és 3. ábrában láthatók. A 2. ábra a nitrogénutóvilágításban fényképezett  $(0, 2)$  sávra vonatkozik, a 3. ábra ugyanazon sávra a vakuum-ívben. A fotometer-görbe tulajdonképpen (az ábrában felülről lefelé irányuló) elektrometer-kitéréseket ábrázol. Legyen  $x_0$  a fotometer-görbe legmélyebb pontjához tartozó (az ábrákon 0-val jelölt) legnagyobb kitérés, mely tehát megfelel a negatívlemez egy nem exponált helyének és legyen  $x$  valamely exponált helyhez tartozó kitérés. Az  $x_0 - x$



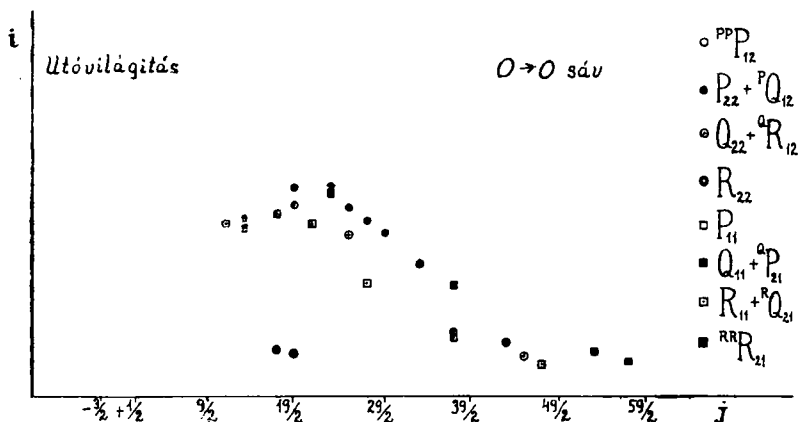
5. ábra.



6. ábra.

értékek eloszlása a sávban bizonyos kvalitatív képét adja az intenzitáseloszlásnak.<sup>1</sup>

Ha kiválasztjuk azokat a vonalakat, melyek nem esnek egybe más vonalakkal (amelyek száma a  $\gamma$ -sávok nagy vonalsűrűsége és spektrográfunk mérsékelt felbontása mellett, sajnos, elég alacsony) és a hozzájuk tartozó  $x_0 - x$  mennyiségeket felmérjük, mint  $j$  függvényét, a 4—8. ábrákhoz hasonló képeket nyerünk.



7. ábra.

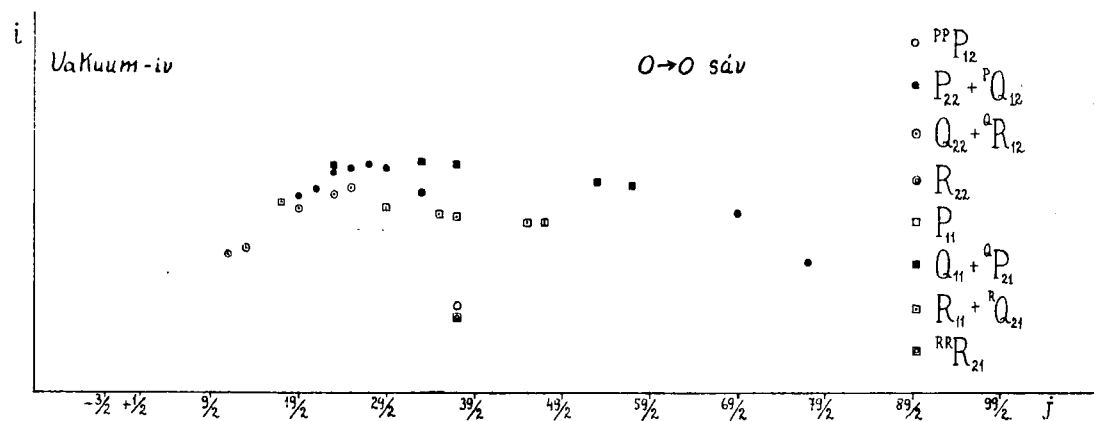
Ezek alapján néhány következtetés vonható:

1. hogy a  $Q_{11}(j) + {}^Q P_{21}(j)$ ,  $R_{11}(j) + {}^R Q_{21}(j)$ ,  $P_{22}(j) + {}^P Q_{12}(j)$ ,  $Q_{22}(j) + {}^Q R_{12}(j)$  kettős ágak egymás között körülbelül egyenlő intenzitásúak;

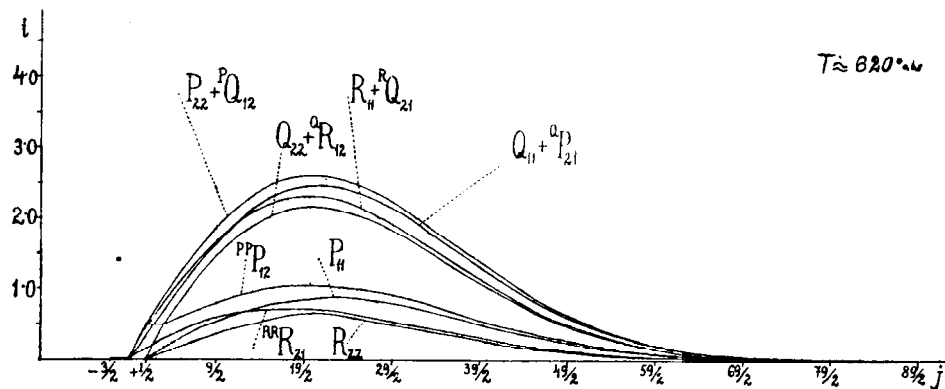
2. hogy — amennyire a másik négy gyöngébb ágból hozzáférhető csekélyszámú megfigyelésből következtetni lehet — a  $P_{11}(j)$ ,  ${}^{RR} R_{21}(j)$ ,  ${}^{PP} P_{12}(j)$ ,  $R_{22}(j)$  ágak is egymásközt körülbelül egyenlő intenzitásúak;

3. hogy a kettős ágak intenzitása a gyöngé ágak intenzitásának többszöröse;

<sup>1</sup> Az  $\frac{1}{x}$  értékeket alkalmazzák H. A. BARTON, F. A. JENKINS, R. S. MULLIKEN (Phys. Rev. 1927, vol. 30. 178. l.) az  $NO\gamma$ -sávok intenzitásának tárgyalásánál.



8. ábra.



9. ábra.

4. az erősebb kettős ágak mindegyikében az intenzitás maximuma körülbelül  $j$  ugyanazon értékénél mutatkozik;

5. a maximum az utóvilágításban  $j_{\max} = \frac{19}{2}$  usque  $\frac{21}{2}$ , a vakuum-ívben  $j_{\max} = \frac{23}{2}$  usque  $\frac{27}{2}$  és a rézívben  $j_{\max} = \frac{37}{2}$  usque  $\frac{39}{2}$ -nél van.

Hogy azonban az (5) alatt megadott intenzitásformulákkal a tapasztaltakat egybevevethessük, ismernünk kell az (5)-ben szereplő  $T$  értékeket a különböző emissziós folyamatokra vonatkozólag. Ezek meghatározhatók a fenti 5. pontban összefoglalt észlelési adatok alapján.

Differenciálva ugyanis a kettős

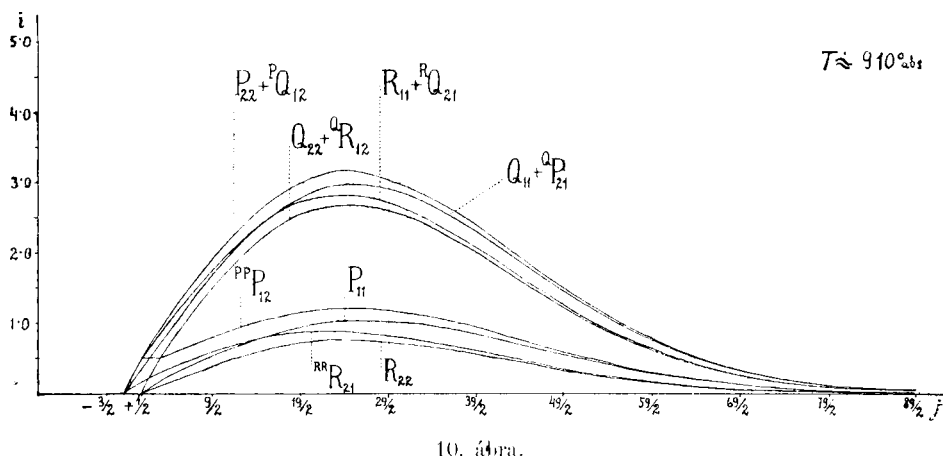
$$\begin{aligned} Q_{11}(j) + P_{21}(j), R_{11}(j) + {}^R Q_{21}(j), \\ P_{22}(j) + {}^P Q_{12}(j), Q_{22}(j) + {}^Q R_{12}(j) \end{aligned}$$

ágak (5) alatti intenzitás formuláit  $j$  szerint és a differenciáhányadost 0-val egyenlővé téve, rendre lesz:

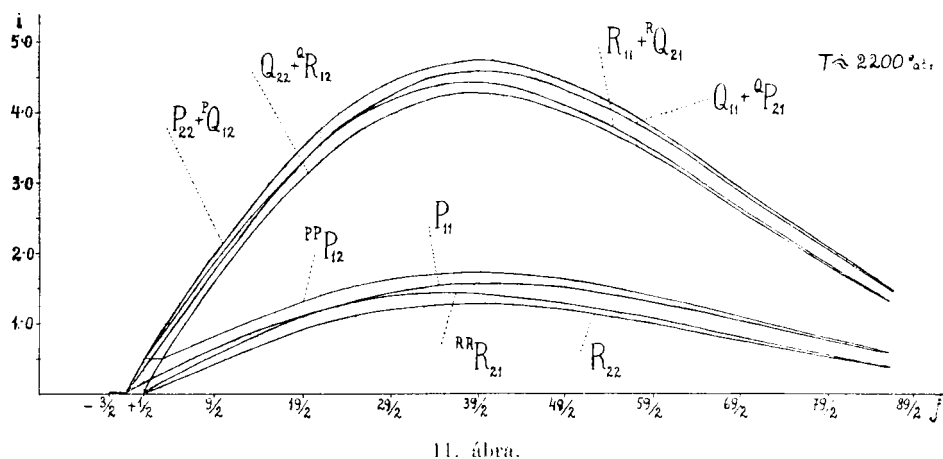
$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{2j(j+1)(2j+1)(2j+3)}{4j^2+8j+5} \cdot \frac{h^2}{8\pi^2 I k} \\ T &= \frac{2j(j+1)(4j^2-1)}{4j^2+1} \cdot \frac{h^2}{8\pi^2 I k} \\ T &= \frac{2j(j+1)(2j+1)(6j+5)}{12j^2+24j+11} \cdot \frac{h^2}{8\pi^2 I k} \\ T &= \frac{2(j+1)(2j+1)(6j+1)}{12j^2-1} \cdot \frac{k^2}{8\pi^2 I k} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

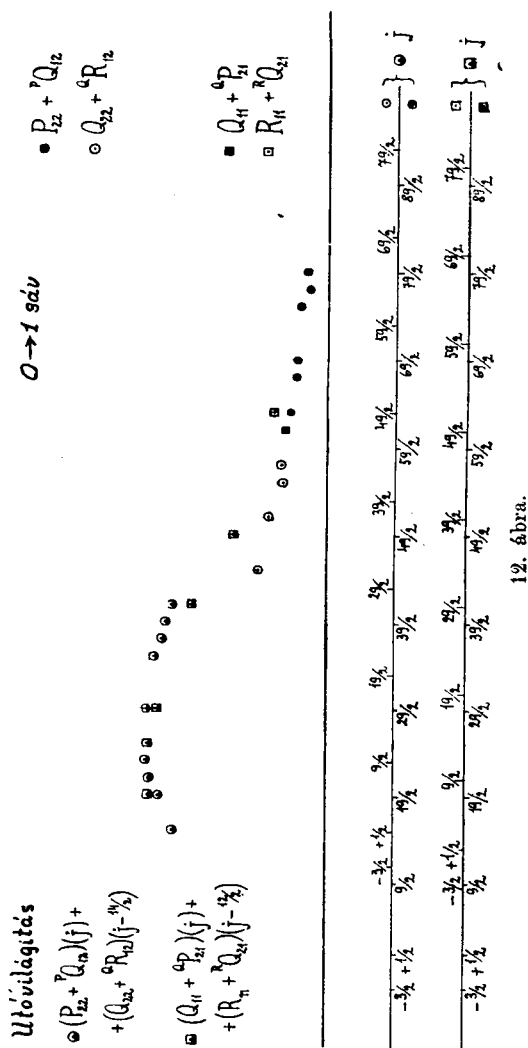
$I$  a (0, 0), (0, 1), (0, 2) sávok esetében az NO-molekula tehetetlenségi nyomatékát jelenti az  $n'=0$  kezdő helyzetben és értéke:  $14 \cdot 058 \cdot 10^{-40}$  cm<sup>2</sup>g (l. például GUILLERY vagy SCHMID idézett dolgozatát).

A (6) egyenleteket kell, hogy  $j_{\max}$  kielégítse. Behelyettesítve tehát a fenti 5. pontban megadott értékeket, — a számításoknál főképp a  $P_{22} + {}^P Q_{12}$ , illetőleg  $Q_{22} + {}^Q R_{12}$  ágakat vettük figyelembe, mint amelyeknél egybeesések legritkábban fordulnak elő —  $T$  értékei kiszámíthatók. Ezek szerint az utóvilágítás hőmérséklete középértékben 620°, a vakuum-ívé 910°, a réz-ívé mintegy 2200°. Ezek egészen rezonabilis értékek a kérdéses fényforrásokat illetően, ami annál meglepőbb, mert ezekben az esetekben nyilvánvalóan nem termikus gerjesztéssel van dolgunk.



Említettük már, hogy a nitrogénutóvilágítás felvételein a  $\gamma$ -sávokon kívül a  $\beta$ -sávok is megjelentek. Ezek  $^3P \rightarrow ^2P$  átmenetekből keletkeznek és végső  $^2P$  nivójuk megegyezik a  $\gamma$ -sávokéval. A (0, 1)  $\gamma$ -sávhoz a rövid hullámhosszak felé csatlakozik a (3, 3)  $\beta$ -sáv. Ez a még ki nem mért és vonalait illetően be nem sorozott  $\beta$ -sávok közé tartozik. KÖNI<sup>1</sup> THEODORA úrnő, ki az intézetben jelenleg ezen még ki nem mért  $\beta$ -sávok kimérésével és besorozásával foglalkozik, rendelkezésünkre bocsátotta a  $\beta$ -sávok emissziójához rendelőndő effektív hőmérséklet kiszámításához

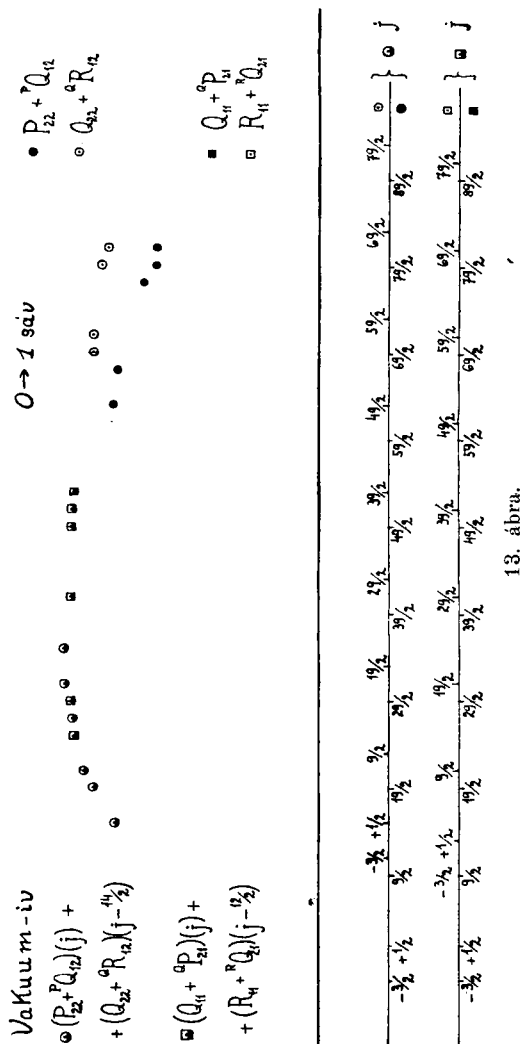




szükséges adatokat. Az idevonatkozó formulákat már MULLIKEN<sup>1</sup> adta. A nitrogénutóvilágítás hőmérséklete a  $\beta$ -sávok intenzitás-maximumának helyéből kiszámítva  $640^\circ$ -nak adódott, közeli egyezésben a  $\gamma$ -sávok alapján nyert értékekkel.

<sup>1</sup> L. BARTON, JENKINS: Mulliken, l. c.





13. ábra.

E hőmérsékletek segélyével az (5) formulák szerint kiszámíthatók a  $\gamma$ -sávok egyes ágainak intenzitáseloszlásai. Eredményül a 9—11. ábrákat nyerjük, ahol az átmeneti valószínűségek vannak ordinátákként felmérve. E görbék összhangban vannak az 1—5. pontokban — a fotometer-görbék alapján — megállapított kvalitatív következtetésekkel.

Réz-iv

 $O \rightarrow 1$  sáv

$$\odot (P_{22} + {}^P Q_{12})(j) +$$

$$+ (Q_{22} + {}^Q R_{12})(j - \frac{1}{2})$$

$$\blacksquare (Q_{11} + {}^Q P_{21})(j) +$$

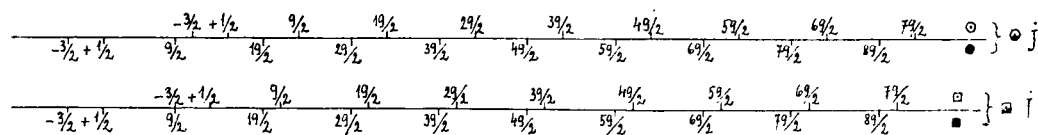
$$+ (R_{11} + {}^R Q_{21})(j - \frac{1}{2})$$

$$\bullet P_{22} + {}^P Q_{12}$$

$$\odot Q_{22} + {}^Q R_{12}$$

$$\blacksquare Q_{11} + {}^Q P_{21}$$

$$\square R_{11} + {}^R Q_{21}$$



14. ábra.



A  $(0, 1)$   $\gamma$ -sávban a  $Q_{11}(j) + {}^Q P_{21}(j)$  és  $R_{11}(j) + {}^R Q_{21}(j)$ , illetőleg a  $P_{22}(j) + {}^P Q_{12}(j)$  és  $Q_{22}(j) + {}^Q R_{12}(j)$  ágak vonalai között  $j = \frac{55}{2}$ , illetőleg  $j = \frac{41}{2}$ -ig a véletlen folytán még külön egybeesések fordulnak elő,<sup>1</sup> az összeeső vonalak

$$\begin{aligned} & (Q_{11} + {}^Q P_{21})(j) + (R_{11} + {}^R Q_{21})(j - \frac{12}{2}), \\ \text{illetőleg} \quad & (P_{22} + {}^P Q_{12})(j) + (Q_{22} + {}^Q R_{12})(j - \frac{14}{2}) \end{aligned}$$

A megfelelő fotometer-görbéket a 12—14. ábrák a számított intenzitáseloszlást a 15. ábra mutatják.

Örömmel ragadjuk meg az alkalmat, hogy az *Országos Magyar Természettudományi Kongresszus Végrehajtó Bizottságának* az eszközökért, ő méltósága dr. SZILY KÁLMAN úr, a Kir. József Műegyetem Rektorának a regisztráló fotometer számára juttatott megfelelő helyiségért, továbbá EGRESSI ZOLTÁN mérnök úr, a Magyar Gyógytechnikai Ipar R. T. igazgatójának a röntgentranszformátor átengedéséért leghálásabb köszönetünket kifejezzük.

Budapest, műegyetemi kísérleti fizikai intézet, 1929. évi február 18.

<sup>1</sup> L. SCHMID REZSŐ: l. c.

## ÜBER DIE INTENSITÄT DER $NO\gamma$ -BANDEN.

Von B. POGÁNY und R. SCHMID.

Aufnahmen der oben erwähnten Banden mit dem HILL'schen  $E1$  Quarzspektrographen in der Emission des Stickstoffnachleuchtens, des Vakuumbogens (2000 Volt Gleichstrom) und im Luft-Bogen zwischen 5 mm dicken Kupferstäben (220 Volt Gleichstrom) wurden mit dem ZEISS'schen Registriermikrophotometer ausphotometriert und aus der Lage der Intensitätsmaxima auf Grund der von HILL und VAN VLECK neuerdings ermittelten Intensitätsformeln die effektiven Temperaturen der erwähnten Emissionen zu  $620^\circ$ ,  $910^\circ$  und  $2200^\circ$  berechnet. Aus mitaufgenommenen  $\beta$ -Banden ergab sich für das Nachleuchten  $640^\circ$ . Endlich wurden auf Grund dieser Temperaturen die Intensitätsverteilungen berechnet.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Febr. 1929.)

## ÚJSZERKEZETŰ EÖTVÖS-FÉLE TORZIÓS INGA.

RYBÁR ISTVAN I. tagtól.

### Bevezetés.

A Tekintetes Akadémia III. osztályának 1924. évi május hó 19-én tartott ülésén ismertettem azokat az általános elveket, amelyek felhasználásával az eredeti Eötvös-féle torziós inga méreteit jelentékenyen csökkenthettem a nélkül, hogy e kisebbitéssel az inga érzékenysége csökkent volna. Ugyanez ülésen ez elvek alapján szerkesztett ingát mutattam be.

Vizsgálataimat ez akadémiai betérjesztés óta szakadatlanul folytattam. E vizsgálatok az automatikus regisztrálás tökéletes kivitelére, főleg pedig a torziós inga ama zavarainak eliminálására irányultak, amelyeket a gyors hőmérsékletváltozások okoznak. E vizsgálatok sikeres befejezést nyertek. Sikerült az ingát oly tökéletes automatikus szerkezettel ellátni, hogy az automatikus szerkezet teljesen zavartalanul és teljes biztonsággal működik, és a hőmérsékletváltozás okozta zavarokat sikerült annyira eliminálni, hogy az inga a szabadban, sátor alatt nappal is kitűnő értékeket nyújtott.

Az alábbiakban mindenekelőtt a fent említett akadémiai ülésen ismertetett és *megállapított elveket* ismétlem; azután az Eötvös-féle inga zavarainak csökkentésére vonatkozó vizsgálataimat ismertetem; végül az inga mechanikai szerkezetét írom le.

★

Az Eötvös-féle torziós inga méreteinek csökkentésére irányuló törekvés nem új keletű. Már maga báró Eötvös végzett ily irányú beható vizsgálatokat s élete végéig foglalkozott azzal a gondolat-tal, hogy torziós ingájának méreteit jelentékenyen kisebbitse.

Már 1908-ban készített oly kettős ingát, mely az 1906-ban

általa leírt ingájával<sup>1</sup> azonos szerkezetű, de kisebb méretű volt. Az inga súlya 20 gr, az ingakar hossza 20 cm, tehetetlenségi nyomatéka 2000 c. g. s. és a mérődrót torziós nyomatéka 0'04.<sup>2</sup> Ez inga, melynek érzékenysége a nagy Eötvös-ingáénál kisebb, a szabadban jól használhatónak bizonyult s a ma forgalomban lévő kis Eötvös-féle torziós ingák ennek az ingának alapján készültek.

E középmeretű ingán kívül báró Eötvös ugyancsak 1908-ban oly kisméretű ingát készített,<sup>3</sup> melynek rúdjai csak 10 cm hosszúak és 5 gr súlyúak voltak. Az egyes ingák tehetetlenségi nyomatéka kereken 90 c. g. s., torziósnyomatéka 0'002 és lengésideje kb. 700 sec volt. Ez utóbbi ingát a hőmérséklet lehető tökéletes kiegyenlítése céljából hármassfalú fémhengerbe zárta, melyet még egy vörösrézről készült áramló csővel vett körül, amelyben áramló víz lehetőleg egyenletes hőmérséklet biztosítására szolgált. Ez inga használhatóságáról báró Eötvös a következőket mondja:

«Die mit ihnen angestellten Proben betreffend sei aber vor allem erwähnt, dass das kleinste Instrument, auf dessen Konstruktion so viel Sorgfalt verwendet wurde, unserer hoffnungsvollen Erwartung durchaus nicht entsprach. Mochten wir den Balken auf einen feinen, auch elektrisch leitend gemachten Quarzfaden oder auf einen Metalledraht aufhängen, die Einstellung der Gleichgewichtslage zeigte doch immer eine Unsicherheit, welche zuweilen bis zur Grösse eines ganzen Skalenteiles und darüber anwuchs, während das ältere grössere Instrument unter denselben Verhältnissen seine Einstellung bis auf ein, höchstens zwei Zehntel eines Skalenteiles sicher beibehielt.»

«Dieser Misserfolg zeigt zur Genüge, dass es nicht leicht möglich ist, bei Verringerung der Dimensionen des Instrumentes das Drehungsmoment der störenden Kräfte in gleichem Maasse zu verringern wie die der erforderlichen grossen Schwingungsdauer entsprechende Torsionskonstante  $\tau$ .»

<sup>1</sup> Eötvös: Verhandl. d. XV. allg. Konferenz der internat. Erdmessung in Budapest. 391. oldal. 1906.

<sup>2</sup> Eötvös: Verhandl. d. XVI. allg. Konferenz der internat. Erdmessung in London und Cambridge 326. oldal. 1909.

<sup>3</sup> Eötvös: l. c. 326. oldal. 1908.

Eötvös eme szavaiból kiderül, hogy nem sok remény ke-  
csegetet oly kisméretű torziós inga megszerkesztésére, mely meg-  
felelő érzékenység mellett a zavaroktól mentes.

Az elvet, amellyel a célt elérnem sikerült, a következőkben  
ismertetem.

### A műszer megszerkesztésének irányelvei:

A torziós inga egyensúlyi feltételét báró Eötvös<sup>1</sup> szerint  
a következő egyenlet fejezi ki:

$$\vartheta = \frac{1}{2} \frac{K}{\tau} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right) \sin 2\alpha + \\ + \frac{K}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} \cos 2\alpha - \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \sin \alpha + \frac{mhl}{\tau} \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \cos \alpha, \quad (1)$$

amelyben  $U$  a nehézség potenciálját,  $x, y, z$  a derékszögű koor-  
dinátákat, ( $z$  tengely függvényesen lefelé),  $\alpha$  az ingarúdnak azimutját  
(az  $x$  tengellyel képezett szögét),  $K$  a lengő szerkezet tehetetlen-  
ségi nyomatékát,  $\tau$  a mérődrót torziósnyomatékát,  $m$  az ingarúd  
végéről lógó súly tömegét,  $l$  a forgási tengelyétől való távolságát,  
 $h$  a függélyes hosszúságot jelenti, amennyivel a súly súlypontja a  
másiknál mélyebben van és  $\vartheta$  azt a szöget jelenti, amellyel a nehéz-  
ségi erő az ingát a mérődrót megcsavaratlan helyzetéből elforgatja.

Az (1) alatti egyenlethből világos, hogy az inga érzékenysége a

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \quad \text{és} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z}$$

komponensek által meghatározott gradiensre nézve

$$E_{Gr} = \frac{mhl}{\tau} \quad (2)$$

értékétől, a

$$\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad \text{és} \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y}$$

által meghatározott horizontális irányítóerőre nézve az

$$E_R = \frac{K}{\tau} \quad (3)$$

<sup>1</sup> Eötvös: Verhand. d. XV. allg. Konferenz der International Erd-  
messung in Budapest 390. oldal. 1906.



értékétől függ. Minél nagyobbak ez értékek, az inga annál érzékenyebb.

Az érzékenység eme kifejezéseiből még nem domborodik ki, hogy az érzékenység miként függ a mérődrót anyagi minőségétől és az inga hosszmereteitől? E célból az érzékenységet kifejező fenti formulákat oly módon alakítjuk át, hogy azokban az inga hosszmereteit és a mérődrót anyagát jellemző értékek szét legyenek választva.

Ismeretes, hogy hengeralakú,  $r$  sugarú és  $\lambda$  hosszúságú homogén anyagból készült, egyenletes keresztmetszetű drót torziósnyomatéka:

$$\tau = \frac{\pi}{2} N \frac{r^4}{\lambda}, \quad (4)$$

ahol  $N$  a drót anyagának torziómodulusát jelenti. Ugyancsak ismeretes, hogy a drót teherbírása  $T$  a drót sugarának négyzetével,  $r^2$ -tel arányos:

$$T = C\pi r^2.$$

A  $C$  arányossági tényező a drót anyagának szakítási szilárdsága. Mivel a dróton lógó ingasúly  $s$  így a lógó  $m$  súly értéke a drót teherbírásától függ, azzal arányosnak vehető, ezért

$$m = kT = k \cdot C\pi r^2. \quad (5)$$

A (4) és (5) alatti értékeket a (2), illetőleg (3) alatti kifejezésbe helyettesítve  $s$  figyelembe véve, hogy az inga tehetetlenségi nyomatéka közelítésben  $K = 2ml^2$ , nyerjük, hogy

$$E_{Gr} = 2k \frac{C}{N} \frac{hl\lambda}{r^2}; \quad (6)$$

$$E_R = 4k \frac{C}{N} \frac{l^2\lambda}{r^2}. \quad (7)$$

E kifejezésekben a  $\frac{C}{N}$  a szakítási szilárdságnak és a torziós modulusnak viszonya kizárólag a drót anyagi minőségétől, a  $\frac{hl\lambda}{r^2}$ , illetőleg  $\frac{l^2\lambda}{r^2}$  értékek pedig csupán az inga hosszmereteitől függnének. Tehát az érzékenységnek (6), illetőleg (7) alatti kifejezéseiben a mérődrót anyagi minősége és az inga hosszmeretei külön vannak választva.

Az inga magasságát a  $h$  és  $\lambda$ , szélességét pedig az  $l$  értéke határozza meg. Ha tehát az inga hosszmereteit kisebbíteni akarjuk, úgy hogy az eredeti érzékenység megmaradjon ( $E = \text{konst.}$ ), akkor azt vagy a mérődrót vékonyításával (kisebb  $r$ -rel), vagy pedig azzal érjük el, hogy oly drótanyagot választunk, amelyre nézve a szakítási szilárdságnak a torziós modulushoz való viszonya  $\frac{C}{N}$  nagyobb.

Mindkét módot külön-külön, vagy együttesen alkalmazva, célhoz érünk. Ezek közül azonban csak az jöhet tekintetbe, melynél a kisebbített torziós ingában fellépő hőmérsékleti zavarok nem teszik az ingát használhatatlanná.

E zavarokat főleg a hőmérsékletváltozáskor az ingát körülvevő ingaházban létrejövő légáramok okozzák, melyek különben azonos körülmények között annál nagyobb befolyást gyakorolnak az ingára, minél kisebb a légáramok által az ingára gyakorolt forgatónyomaték ellenében működő torziós nyomaték. Igen kis torziós nyomatékú drót használata tehát káros. Báró Eötvös említette kis készülékében oly mérődrótot használt, melynek általa megadott torziós nyomatékának értéke 0.002 igen csekély. Amint az itt elmondottakból következik, főleg (de nem kizárólag) ez volt oka annak, hogy az inga használhatatlannak bizonyult.

Ezek szerint nem elégséges az eredetinel kisebb torziós nyomatékú mérődrót választása s az ezáltal előálló érzékenység-növekedést az ingakar hosszának  $l$  és a lógósúly mélységének  $h$  alkalmas kisebbítésére felhasználni, mert bár ez eljárással az inga méreteit kisebbíthetjük ugyan, de a mérődrót csekély torziós nyomatéka miatt a légáramok okozta zavarok megnagyobbodnak.

A helyes eljárás tehát abban áll, hogy az inga méreteit úgy kisebbítjük, hogy e kisebbítéssel a drót torziós nyomatéka túlságosan csekélylyé ne váljék. — Ezt a célt (6) és (7) alapján elérjük, ha az eredeti drót helyett annál vékonyabb drótot használunk s az ezáltal előálló érzékenység növekedést nemcsak a  $h$  és  $l$ , hanem főleg a mérődrót hosszának  $\lambda$ -nak kisebbítésére fordítjuk, mert így a vékonyítással csökkentett torziós nyomatékot (l. (4) formulát) rövidebb drót megválasztásával ismét megfelelő mértékben megnövelhetjük. Ez eljárással az inga méretét

jelentékenyen kisebbíthetjük a nélkül, hogy ezáltal a drót torziós nyomatékát oly nagy mértékben kisebbítettük volna, hogy a zavarok az inga egyensúlyi állását károsan befolyásolnák.

Ez eredményt még jelentékenyen fokozzuk, ha az eredetileg használt platiniridium mérődrót helyett oly anyagból készített mérődrótot használunk, amelyre nézve a  $\frac{C}{N}$  viszony jelentékenyen nagyobb. Az ezáltal megnövesztett érzékenységet szintén a további kisebbítésre használjuk fel.

Tekintettel arra, hogy, miként fentebb láttuk, a nagy torziós nyomatéku drótok előnyösek, csak oly anyagok jöhetnek tekintetbe, amelyek a mellett, hogy nagy  $\frac{C}{N}$  értékük van, még nagy  $N$  értékűek is, azaz, amelyek szakítási szilárdsága ( $C$ ) igen nagy.

Az alkalmas drótanyag kiválasztása céljából 1921-től 1923 év végéig beható kísérleti vizsgálatokat végeztem. E végből a legkülönbözőbb anyagból, tiszta fémből és ötvözetekből készült drótok szakítási szilárdságát és torziós nyomatékát határoztam meg. Tekintettel a nappali nagy utcai forgalom okozta épület-rázkódásokra, az észleléseket az épület alagsorában az éjjeli órákban végeztem, kezdetben szubjektíve, később kizárólagosan automatikus úton. E célra külön automatikus berendezést készítettem, mely egy 2762·59 g tömegű precíziós ólomgolyót a meghatározandó drótra erősített ingakar végéről mélyen lelógó tömeg körül óránként 180°-kal forgatott el, úgy hogy az ólomgolyó felváltva az ingakarról lelógó tömegnek majd egyik, majd másik oldalára tőle 11·021 cm távolságba jutott. Egy ily automatikusan készült felvételt az 1. ábra tüntet elő. Az egyenes vonal egy álló tükörről, a periódusosan visszatérő vonal pedig az ingarúdra erősített tükörről reflektált fénysugár nyoma az óraszerkezettel egyenletesen eltolt fotográfuslemezen. A mozgó fényfoltnak a fotográfuslemezen lemért eltolódásából és a lemeznek a tükörtől való távolságából az inga szögelfordulása számítható ki, amiből az inga elcsavarását létesítő (az ólomgolyó vonzása okozta) ismeretes forgatónyomaték segítségével a keresett torziós nyomaték meghatározható.

Ez irányú igen nagyszámú kísérleti méréseim azt mutatták,

hogy a fentebb részletezett szempontok tekintetében a wolfram, molybdén és ezek ötvözei jelentékenyen felülmúlják az egyéb fémeket és ötvözeteket, úgyszintén e célra eddig kizárólagosan használt platinairidiumot is.

A mellékelt táblázatban észlelési eredményeim közül csupán a wolfram ötvözeiből és molybdénből készült drótok adatait közlöm. Összehasonlítás céljából a platina és a platinairidium ötvözet megfelelő adatai is a táblázatban vannak. Az első oszlopban az általam használt drótjelölések vannak, a második oszlop az illető drótok szakítási szilárdságát, a harmadik oszlop a torziós modulusát, a negyedik oszlop pedig a szakítási szilárdságának a torziós modulusához való viszonyát (hányadosát) tartalmazza.

	$C \frac{\text{kg súly}}{\text{mm}^2}$	$N \frac{\text{kg súly}}{\text{mm}^2}$	$\frac{C}{N}$
A _ _ _ _ _	418	14,636	0·0285
B _ _ _ _ _	299	13,632	0·0219
C _ _ _ _ _	322	10,688	0·0302
D _ _ _ _ _	351	8,302	0·0423
E _ _ _ _ _	365	11,096	0·0329
H <sub>1</sub> _ _ _ _ _	309	9,194	0·0336
H <sub>2</sub> _ _ _ _ _	344	8,653	0·0289
I _ _ _ _ _	429	12,980	0·0330
M _ _ _ _ _	305	9,194	0·0332
V <sub>1</sub> _ _ _ _ _	425	13,026	0·0326
V <sub>2</sub> _ _ _ _ _	312	10,276	0·0304
Molybden _ _ _ _ _	260	13,895	0·0187
Pt _ _ _ _ _	34	6,500	0·0052
Pt + Ir. _ _ _ _ _	82	6,496	0·0126

A táblázatból látható, hogy a wolfram és wolfram-ötvözetek és a molybdén a fentebb kifejtett szempontok tekintetében felülmúlják az eddig használatos platinairidium-ötvözetet. Egyeseknél a  $\frac{C}{N}$  viszony közel háromszor akkora, mint a platinairidium megfelelő értéke; van olyan is, melynél a viszony több mint háromszor nagyobb. E mellett a szakítási szilárdság 4-szer,

sőt egyes esetekben több mint 5-ször nagyobb a platina-irídium szakítási szilárdságánál.

Ez előnyökön kívül a wolfram és ötvözetei más szempontokból is előnyösebbek. Ugyanis e fémek olvadási hőmérséklete jelentékenyen magasabb a platina-irídium olvadási hőmérsékleténél. Ez oknál fogva e fémek rugalmas tulajdonságai állandóbbak az észlelések alkalmával előforduló hőmérsékleti közben, mint e hőmérsékleti közhöz közelebb tekvő olvadási hőmérséklettel bíró platina-irídium ötvözetéé. Továbbá e fémekből készített drótok jóval egyenletesebbek, mint a platina-irídiumból készült vékony szálak, amiről pusztá megtekintéssel is meg lehet győződni.

További rendkívül fontos, de egyszersmind nehezen megoldható feladat volt ama zavar eliminálása, illetőleg a minimumra való csökkentése, melyet a gyors hőmérsékletváltozások okoznak. E zavar abban áll, hogy ha a hőmérséklet megváltozik hirtelenül, az inga egyensúlyi helyzetéből kitér és más helyzetet foglal el. E zavart a gyors hőmérsékletváltozáskor a készülékben előálló légáramok okozzák, amennyiben a légáramok az ingára forgatónyomatékokat létesítenek, mely a különben működő forgatónyomatékokhoz hozzájárul.

E zavar megszüntetésének legegyszerűbb módja az volna, hogy a készülékből a levegőt eltávolítjuk vagy erősen ritkítjuk. Ez eljárás azonban nem alkalmazható főleg azért, mert az inga az erősen ritkított térben igen lassan csillapodik és sokára jön nyugalomba, továbbá, mert az erősen ritkított térben már a radiológiai hatások is jelentkeznek, melyek új hibaforrásra vezetnek. Végeztek vizsgálatot abban az irányban is, hogy a légritkított térben lengő ingát mesterségesen FOUCAULT-féle áramokkal csillapítsák, mely áramokat mesterséges mágneses erőterrel (az inga közelében elhelyezett elektromágnesekkel) hoztak létre. Ez eljárás, mint előre látható volt, nem vált be, mert a mesterséges mágneses erőter a mindig többé-kevésbé mágneses ingarúdra hatással van, mely hatás a légáramok okozta zavarokat nagyságrendben rendszerint jelentékenyen felülmúlja.

A külföldi gyárak a légáramok hatását csaknem kivétel nélkül azzal óhajtják csökkenteni, hogy az ingát jó hőszigetelő anyaggal kitöltött fémházba építik be, miáltal eléri azt, hogy

a külső gyors hőmérsékletváltozást a készülék belsejében (az inga terében) lassúbb hőmérsékletváltozás kíséri. Ez eljárásnak hátránya az, hogy a hőszigetelővel állandóan körülvevett inga belső hőmérséklete állandóan és rendszerint igen nagy mértékben eltér a külső hőmérséklettől, ami semmiesetre sem előnyös, mert például, ha a külső hőmérséklet állandóvá válik, hosszú ideig tart, míg a belső hőmérséklet is az állandó értéket felveszi, s így a készülék belsejében légáramok vannak még akkor is, amikor különben e hőszigetelés nélküli ingákban a légáramok már rég megszűntek volna.

A helyes eljárás az, hogy megkeressük a zavarok okát és ez okokat megszüntetve vagy csökkentve, az ingát úgy készítjük el, hogy a zavarok a lehető legkisebb értékűek legyenek. Az így készült inga minden különös hőszigetelés nélkül a szabadban sokkal jobb értéket fog nyújtani, mint az az inga, melynél az optimális feltétel nem teljesül, hanem a hőmérsékletváltozás mesterséges hőszigeteléssel van kisebbitve. Hogy mennyire helyes ez a megállapítás, bizonyítja az a tény, hogy Bárány Eötvös LORÁND-nak 1906-ban konsztruált ama kis ingája, melyet fentebb idéztem, a laboratóriumban még akkor sem nyújtott kielégítő értéket, ha a hőmérséklet az inga terében a készüléket körülvevő spirális csőben áramló vízzel állandósítva volt. Az így állandósított térben még mindig maradt, bár igen csekély, talán közönséges hőmérővel ki sem mutatható hőmérsékletváltozás, mely azonban elegendő volt ahhoz, hogy az inga egyensúlyi helyzete változó legyen. Ha ellenben az inga a fentemlített szempontok szerint a legkedvezőbben konsztruáltatott volna meg, gyors hőmérsékletváltozások esetén is jobb értéket adott volna, mint aminőt az állandó hőmérsékleten nyújtott.

Ily irányú beható vizsgálatokat már Bárány Eötvös az általa szerkesztett nagy ingájával végzett. Eredményének lényege az, hogy e zavaró hatás az ingának az ingát körülvevő ingaházban levő állásától függ és a hőmérsékletváltozás sebességével arányos.

E kérdéssel PEKÁR DEZSŐ<sup>1</sup> l. tag úr is foglalkozott. Észrevette, hogy b. Eötvös által a tapadás megakadályozása céljából

<sup>1</sup> PEKÁR: Math. és Természettud. Értesítő 407. oldal. 1915.

a készülék lógó csövének torkolatába helyezett u. n. ütközőknek «kiszokú változtatásával», még pedig azzal, hogy a lógó csőbe nyúló ütköző nyelveknek «ivelt alakot» ad, az inga megjavítható.

Miként fentebb kifejtettem, a készülék kisebbítését és vele együtt a légáramok zavarainak csökkentését azzal óhajtottam elérni, hogy a lehetőséghez képest nagy torziós nyomatékú drótot használtam. S hogy a szükséges érzékenység meg legyen, oly dróttanyagot választottam, amelynek igen nagy szakítási szilárdsága van, hogy ezáltal az ingát jobban megterhelve, a szükséges érzékenység kiadódjék.

Az így elkészült inga a laboratóriumban, úgyszintén a szabadban lassú és egyenletes hőmérsékletváltozások esetén jó értéket adott, azonban gyors hőmérsékletváltozások esetén az inga egyensúlyi helyzete megváltozott. Ez szükségessé tette, hogy a légáramok hatását beható tanulmányozás alá vegyem. E vizsgálatok éveken át szakadatlanul folytak; a kísérleti tényezők igen nagyszámú változtatásával sikerült e nehezen megoldható kérdésbe bepillantást szereznem s az ingát úgy megkonstruálnom, hogy az erős napsütésben, sátor alatt is igen jó értéket nyújtott.

A gyors hőmérsékletváltozást mesterségesen hoztam létre. Az ingát intézetem alagsorában vékonyfalú sátorral vettem körül s a sátorban, közvetlenül a készülék alá, elektromos úton fűthető fűtőtesteket helyeztem el. Ha a fűtőtestekbe az áramot bekapcsoltam, a sátor hőmérséklete azonnal emelkedett. A hőmérséklet-emelkedés az eszköz belsejében egy óra alatt kb. 6 C°-ot tett ki. A használt hőmérsékleti viszony tehát kedvezőtlenebb volt, mint amilyenek a szabadban előfordulnak, mert egyrészt a szabadban a hőmérséklet-emelkedés sebessége a készülékben csaknem mindig kisebb, mint az általam mesterségesen létesített hőmérséklet-változás sebessége, másrészt a fűtőtestekről felemelkedő meleg légáram közvetlenül egyoldalúlag (alulról) éri a készüléket, míg a szabadban a készülék melegezése a sátorban minden oldalról történik. E kedvezőtlenebb viszonyt szándékosan választottam, mert meggyőződésem volt, hogy ha ily viszonyok között sikerül az ingát a zavaroktól függetleníteni, akkor az a szabadban történő mérések esetén még inkább zavarmentes lesz. Vizsgálataimat állandóan e «standard» hőmérsékletváltozások között végeztem.

Mindenekelőtt megállapítottam, hogy ha a készülék melegítése megindul, az ingák egyensúlyi helyzete azonnal megváltozik, a kitérés állandóan növekszik s kb.  $\frac{3}{4}$  óra alatt maximumot ér el, ezután állandóan asszimptotikusa kisebbedik, de a kiinduló (állandó hőmérséklethez tartozó) állását nem éri el. Kísérleteimben mindenkor e maximális kitérést határoztam meg, mert ha e maximális kitérést sikerül csökkenteni, akkor ezzel az egész melegítési folyamat alatt végbemenő változás is kisebb. Ezért a kísérletek menete abban állott, hogy a kísérletek megkezdésekor leolvastam az inga állását, a készülék belső hőmérsékletét, azután befűtöttem a sátorba s pontosan  $\frac{3}{4}$  óra múlva megismételtem a leolvasást. Ez idő alatt a készülék belső hőmérséklete kb.  $4^{\circ}\text{C}$ -al emelkedett. A két leolvasás közötti különbség adja e «standard» hőmérsékletváltozás okozta maximális eltérést (zavart).

Kísérletemet a hőmérsékletcsökkenésre is kiterjesztettem és megállapítottam, hogy az ellenkező irányú, különben azonos nagyságú hőmérsékletváltozás az inga ugyanazon kezdeti állásában ugyanakkora, de ellenkező irányú kitérést létesít.

E tény megállapításával elégséges volt az inga ama zavarának megállapításával foglalkoznom, melyet a hőmérsékletemelkedés okoz, mert ennek megszüntetésével az ellenkező irányú változások sem okoznak befolyást.

Nagyszámú kísérlet alapján sikerült megállapítanom, hogy e maximális eltérés az ingának az ingát körülvevő vörösréz skatulyában elfoglalt helyzetétől függ és hogy az inga különböző helyzetéhez tartozó eltérések nagy szabályosságot mutatnak: derékszögű koordinátarendszerben előtüntetve szabályos folytonos görbét alkotnak. E görbéknek két típusát észleltem. Az egyik esetben a görbe csaknem szigorúan egyenes vonal, mely az abszcisszatengelyhez hajlik s azt egy pontban metszi. E pont az inga amaz állását határozza meg, melyben az inga a hőmérsékletváltozások iránt teljesen érzéketlen. Ettől jobbra az inga a gyors hőmérsékletemelkedéskor az egyik irányba, balra pedig az ellenkező irányba tér ki az ingának az előbb említett neutrális helyzetétől való távolságával arányos mértékben. Az arányossági tényező az ingát körülzáró skatulya mélységétől, az inga méreteitől és alakjától függ.



A görbék másik típusa nagy görbületűsugarú konvexgörbe, mely egyes esetben az abszcisszával párhuzamos egyenesbe fajul, vagy pedig az abszcisszát két pontban metszi. Kísérleti úton megállapítottam, hogy ez esetben a zavar oly módon jön létre, hogy az egyenes vonallal jellemzett hatáshoz még egy másik, azzal ellentétes hatás járul, amely azt bizonyos tekintetben kompenzálja.

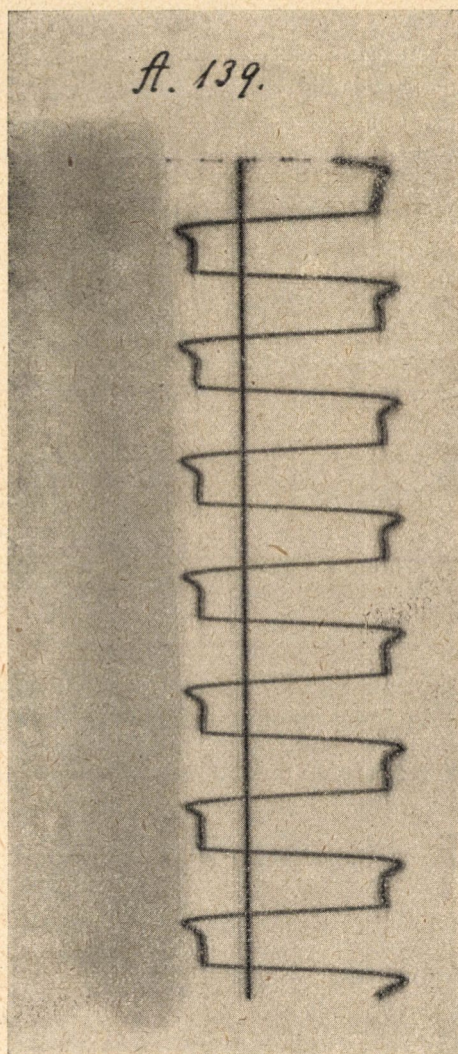
Ideális eset az, amikor sikerül a második típusesetben az első hatást úgy kompenzálni, hogy a konvexgörbe egyenessé, mégpedig az abszcisszatengellyel egybeeső egyenessé fajul. Ez az eset azonban nehezen állandósítható. Ezért meg kell elégedni azzal, hogy a konvexgörbe az abszcisszatengelyt érintse vagy azt egymáshoz közelfekvő két pontban messe; az első típus esetén pedig, hogy az egyenes vonal kis szögben hajoljon az abszcisszatengelyhez. A görbe emez érintőpontjának, illetőleg metszéspontjának környezete az az intervallum, melyben az észleléseknek történnie kell, hogy a hőmérsékletváltozások hatása minimum legyen. E szabályozást az ingarúd közelébe elhelyezett, beállítható felületekkel, légkorlátokkal értem el.

### Az inga mechanikai szerkezete:

A torziós ingát oly módon szerkesztettem meg, hogy az észlelések úgy vizuálisan, mint automatikus regisztrálással, objektíve, egymástól függetlenül, vagy ha tetszik, együtt is elvégezhetők legyenek. A 2. kép a készüléket automatikus működésre összeállítva, a 3. kép a vizuális észlelésekhez szükséges távcsövekkel ellátva ábrázolja.

A vizuális leolvasás távcsővel és skálával történik. A két ingához tartozó távcsöveket és skálákat tartó távcsőkar egyetlen fogással a készülékre rátehető vagy levehető. A távcsőleolvasás érzékenysége ugyanakkora, mint Báró Eötvös által szerkesztett nagy ingáé.

Különös gondot fordítottam arra, hogy az automatikus forgatás és a fotografikus regisztrálás biztosan történjék. Ezért egyrészt az automatikus forgatást kiváltó óraszerkezetet (l. 2. ábrát) a műszeren kívül helyeztük el, miáltal erősebb és biztosabban



1. ábra.

járó órát használhattunk, melyben ez okból az elektromos áramot kapcsoló kontaktusokat is biztosan készíthettük el; másrészt a fotografikus lemezt tartó szánt nem külön óraszerkezettel toljuk el, hanem a szánt maga az a rúgó tolja el, mely a készüléket

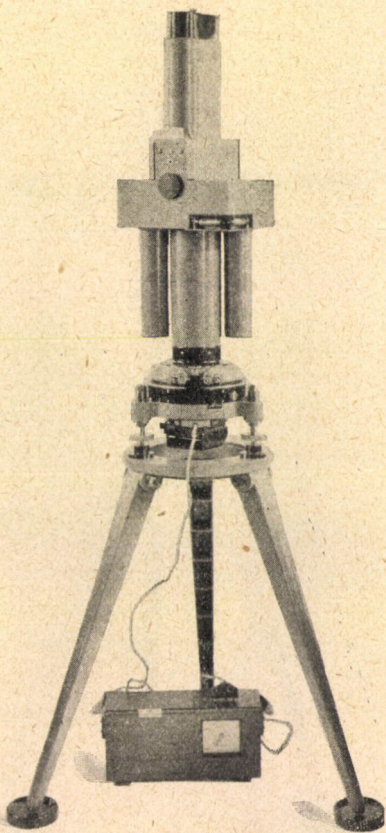


elforgatja. Ezáltal ki van zárva az, hogy a készülék elfordul és esetleg a fotográfuslemez állva marad vagy fordítva.

A készülék szerkezetét a 4. ábra vázlatosan tünteti elő, az 5. és 6. kép pedig a készülék fotográfiáját mutatja.

A készülék két torziós ingát tartalmaz, melyek egymáshoz képest  $180^\circ$ -kal vannak elforgatva. Az ingákat hármastestű fémház veszi körül. A fémházat a hozzátartozó leforgó két csővel az ábrákban *A*-val jelöltük. A fémház alul az *A*<sub>1</sub> csőben folytatódik, melynek alsó végébe a fotográfus regisztrálásra szolgáló berendezés *C* illik, mely *A*<sub>1</sub>-gyel mereven van összekötve. A készülék eme forgó része a vele összeépített állórészben *B*-ben foroghat. A készülék elforgatását egy nagyon erős rugó *a* végzi. Többszörös fogaskerékáttétellel  $\beta$  és egy kis szélkerék  $\gamma$  a készülék forgását lassúvá és egyenletessé teszi. A rugó és a fogaskerékáttételek a szélkerékkel együtt a *B* állórész alsó kiszélesedő részébe vannak építve s teljesen el vannak zárva, hogy a por ne érje.

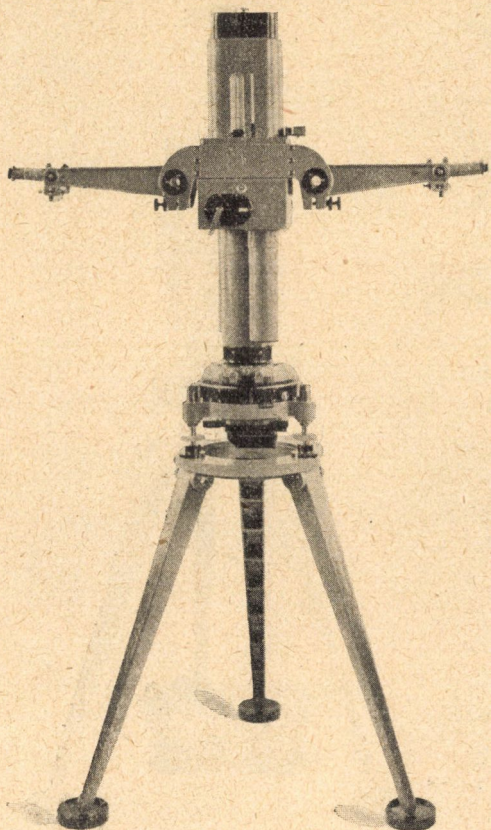
A rugó felhúzása a készüléknek visszafelé (keletről északon át nyugat felé) való körülforgatásával történik. A készülék négyszer forgatható teljesen körül s így egyfolytában  $4.3+1=13$  észlelés végezhető el. A rugó felhúzott állapotát az álló henger *a* 5. ábra nyílásában megjelenő szám jelzi. Ha a készülék nincs felhúzva, az *a* nyílásban 0 jel van, teljesen felhúzott állapotban



2. ábra.



pedig a 4 szám látható. A két egymás után következő számok köze három részre van beosztva, úgy hogy az *a* nyílás indexével összeeső osztályvonal jelzi, hogy még hány észlelés végezhető el. A készülék forgása arretálható. Kézzel való forgáshozatala pedig az *e* fékkulcs elforgatásával történik. Mihelyt *e*



3. ábra.

kulcsot előre és azután visszaforgatjuk, egy, a forgást akadályozó féket szabaddá teszünk, miáltal a készülék forgásba jön és  $120^\circ$ -nyi elfordulás után megáll.

Forgásba hozhatjuk a készüléket elektromos úton is. E célra a készülékben lévő kicsiny elektromágnes való, mely mihelyt rajta rövid ideig elektromos áram megy keresztül, a készülék forgását akadályozó féket szabaddá teszi. Az áram megszűnte után a készülék tovább forog s kiinduló állásához képest  $120^\circ$ -kal megáll. A készüléknek eme forgáshozatalához egyetlen zseblámpa elem is elég.

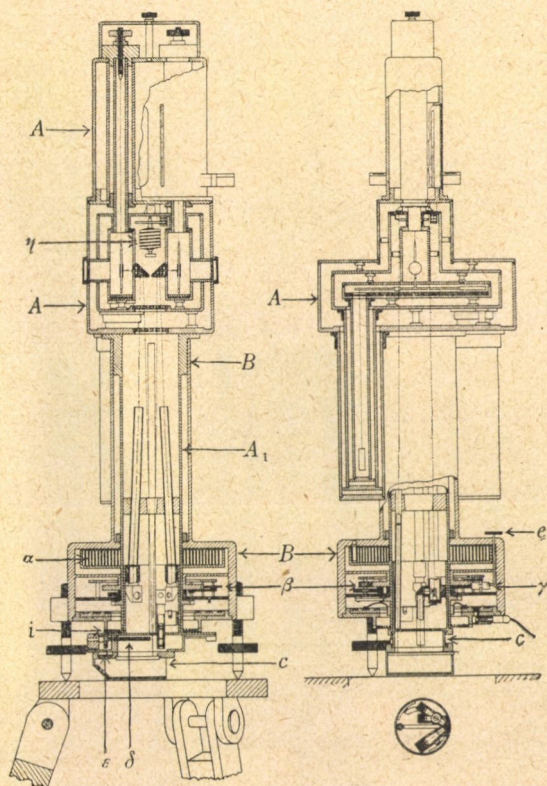
A regisztráló berendezést *C*-t, mely a 5. és 6.

ábrákban alul jól látható, a 7. ábra önmagában mutatja. E berendezés az *f* kar (5. ábra) benyomásával a készülék csővéből kihúzható. E rész azonban állandóan benn van a készülékben (lásd 5. ábra), azt kivenni egyáltalán nem szükséges, legfeljebb csak akkor, ha a világítást adó izzólámpa kiegétt s azt újjal



kell kicserélni. Ez azonban csak igen ritkán történik meg, mert a lámpa az észlelések alatt csak igen rövid ideig ég.

A regisztráló berendezés két részből áll: a *D* csőbe elhelyezett világító berendezésből és a *D* alatt levő *E* szánból, mely

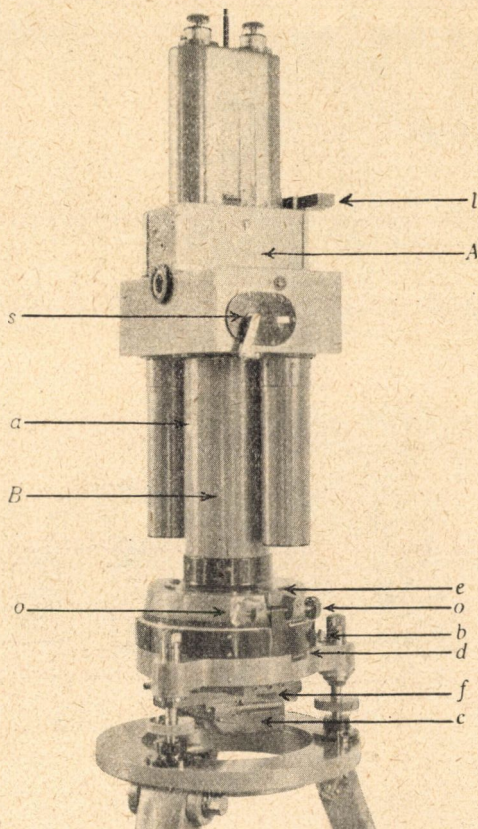


4. ábra.

a fotografikus lemezt tartalmazó kazettát tolja el. A *D* cső alsó fenekét fémlap zárja el. E fémlapon kb. 1 cm széles rés vonul végig, az ingarudakkal párhuzamos, diagonális irányban. A fény e résen át jut a fotografikus lemezre. A fényjeleket egy 8 voltos izzólámpa szolgáltatja. A lámpából alkalmas nyílásokon át 4 sugárnyaláb lép ki: 3 vízszintes irányban, 1 pedig függőlegesen felfelé. A regisztráló berendezés optikáját a 8. vázlatos rajz szem-



lélteti. Az izzólámpából  $L$ -ből vízszintes irányban kilépő sugárnyalábok egy-egy üveghasábra ( $p_1, p_2, p_3$ ) esnek, melyek közül kettő,  $p_1$  és  $p_2$  a fényt felfelé, a  $p_3$  pedig lefelé vetíti. A felfelé vetített fénynyalábok az objektív tükröleolvasás, a lefelé



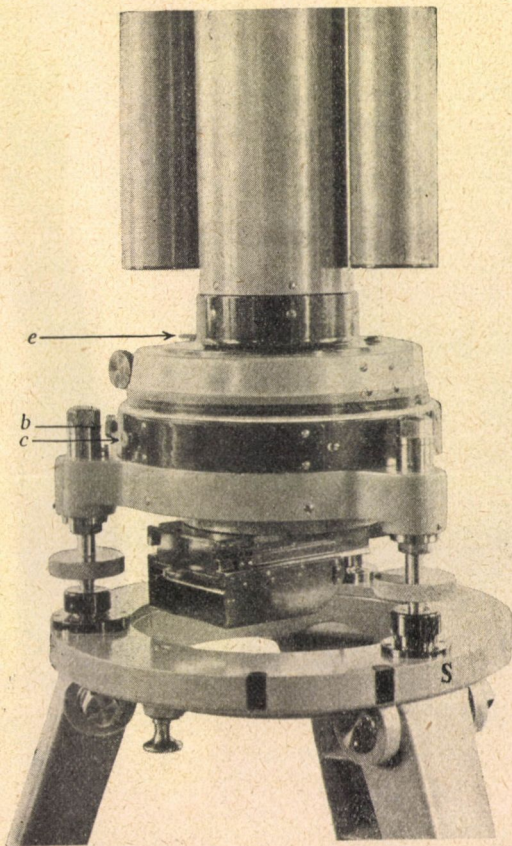
5. ábra.

vetített pedig a fotografikus lemez «alap»-vonalának kijelölésére szolgál.

A felfelé vetített fénynyalábok a  $k_1$ , illetőleg  $k_2$  kondenzorlencsén való áthaladás után egy-egy nyílást  $r_1$ , illetőleg  $r_2$  világítanak meg. E nyílások egyike kör, másika négyzet alakú s mindeniknek közepén egy fonál van kifeszítve. Az  $r_1$ , illetőleg  $r_2$



nyílásból kilépő fénynyaláb a  $p'_1$ , illetőleg  $p'_2$  üveghasábban tör-ténő reflexió után az ingatükörre  $t_1$ , illetőleg  $t_2$  esik, onnan visszaverődve ismét a  $p'_1$ , illetőleg  $p'_2$  hasábjába lép, melyből a fotografikus lemezre esik. Az  $l_1$  lencse az  $r_1$  nyílás képét a fotogra-



6. ábra.

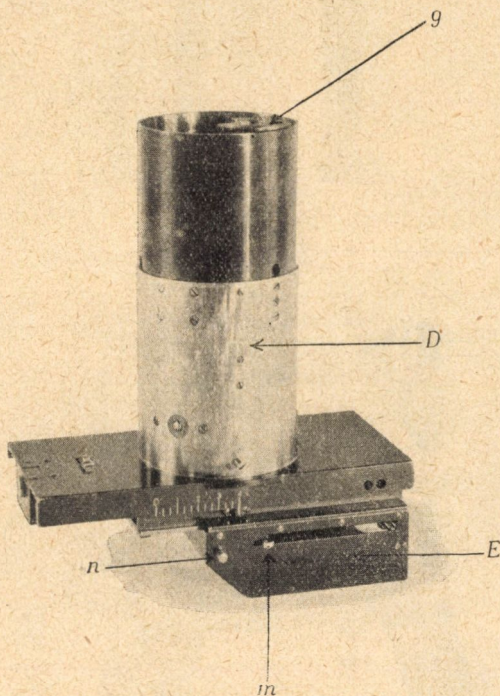
fikus lemezen állítja elő. Hasonlóképpen az  $l_2$  lencse az  $r_2$  nyílást képezi le a lemezre. A lemezen előállott két kép közül a kör-alakú az 1 (a készüléken  $o$ -val jelölt) ingának, a négyzet alakú a 2 (a készüléken  $oo$ -val jelölt) ingának szögelfordulását méri.

Az  $L$  lámpából vízszintes irányban kilépő és a  $p_3$  hasábjával



lefelé vetített fénynyaláb a  $h_3$  kondenzorlencsén való áthaladás után egy keskeny hasadékot világít meg, melynek képét az  $l_3$  lencse a fotografikus lemezen állítja elő. A lemezen előálló eme vonalka a lemez alapvonalát jelöli, ahonnan az előbb említett kör-, illetőleg négyzet alakú kép távolságát mérjük.

Az  $L$  lámpából az előbb említett sugárnyalábokon kívül még egy sugárnyaláb lép ki függőlegesen felfelé. E sugárnyaláb

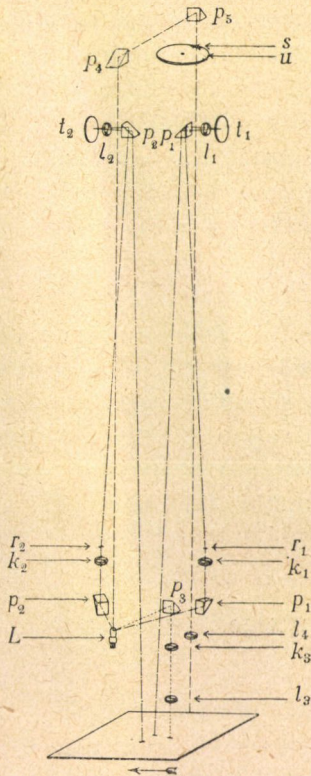


7. ábra.

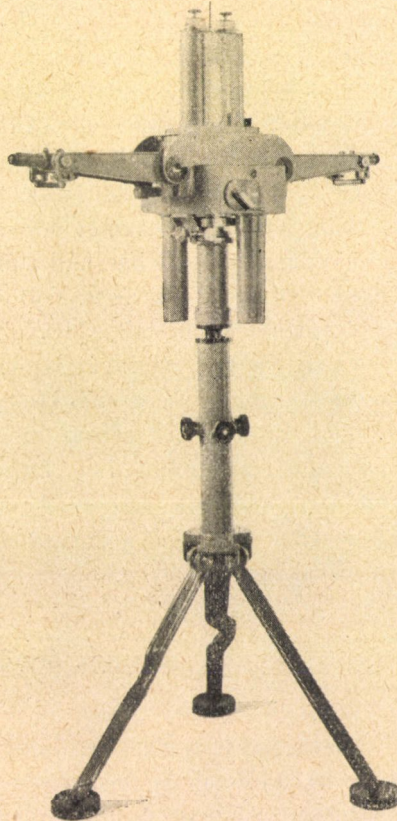
a hőmérséklet méréséhez szolgáló fémhőmérő állásának lefotografálására való. A fémhőmérő (7, 4. ábra) két különböző fém-szalagból összehegesztett spirális, mely a hőmérsékletváltozás-kor egy tengely körül forgó s peremén beosztott  $u$  üvegkorongot forgat el egy álló mutató előtt. E fémhőmérő a készülék belsejében közvetlenül az ingák közelében van elhelyezve. Az  $L$  lámpából kilépő fénynyaláb a  $p_4$  és  $p_5$  üveghasábokban történő vissza-



verődés után az üvegkorong beosztásának egy részét és egy mutatót világít meg  $s$ , melyeknek képét azután az  $l_4$  lencse a fotografikus lemezen állítja elő. Mivel az észleléseknél csakis a hőmérsékletváltozás bír jelentőséggel, azért csupán egy osztály-



8. ábra.



9. ábra.

zatnak megfelelő hőmérsékletváltozást kell ismerni, hogy a mutató állásának változásából a hőmérsékletváltozást meghatározzuk.

A regisztráló berendezés második része, a szán  $E$ , mely a fotografikus lemezt eltolja. E szán a  $\delta$  (4. ábra) csavarmenettel van ellátva, melynek végén az  $\varepsilon$  (4. ábra) fogaskerék van, mely a szánon levő csavartokba ki- és becsavarható. Az  $\varepsilon$  fogaskerék

a készülék álló részén levő  $i$  (4. ábra) fogkoszorúba illik s azon a készülék forgásakor végig gördül. Ha tehát a készülék áll, a fotografikus lemez is nyugalomban van. Mihelyt azonban a készülék forgásba jön, az  $\varepsilon$  fogaskerék az  $i$  fogkoszorún gördül s a  $\delta$  csavart a csavartokba csavarja s ezáltal a szánt s így a fotografikus lemezt mozgásba hozza. A készüléknek  $120^\circ$ -kal való elforgatásakor a lemez 3 mm-rel tolódik el. A fotografikus lemezt tartalmazó kazettát a szán egyik oldalán levő nyílásba (7. ábra) toljuk be.

Az automatikus elektromos kapcsolást a készüléken kívül álló óra végzi, mely a készülékkel dugaskapcsolókkal három vezető dróton át vezető összeköttetésbe hozható. Az órát tartalmazó dobozban vannak az áramot adó száraz elemek. E célra közönséges zseblámpaelemek használhatók, melyek közül kettőt egymásután kapcsolva, a szükséges Voltot nyerjük.

Az inga kis méreteit a 10. ábrából láthatjuk.

Az itt részletezett ingát regisztráló berendezés nélkül, kizárólagosan szubjektív észlelésekre is alkalmas formában is elkészítem. Ez inga (9. ábra) megegyezik a regisztráló ingával, csupán abból az automatikus forgató és fotografikus regisztráló berendezés hiányzik. E helyett az inga állványán körosztályzat van, melyen az inga a kívánt azimutba beállítható. Ez inga állványával együtt 29 kg.

### Az inga érzékenysége.

Az inga érzékenysége kis mérete dacára a használatban levő ingák érzékenységét felülmúlja. Az érzékenységet, mint láttuk, a (2) és (3) alatti mennyiségek fejezik ki. Minél nagyobbak ez értékek, az inga annál érzékenyebb. E mennyiségek értéke ingánk esetében kb.

$$\frac{mhl}{\tau} = 92000; \quad \frac{K}{\tau} = 66000.$$

Az ingák effektív érzékenységét nyerjük, ha e mennyiségeket a skálarészben kifejezett skálatávolság kétszeresével szorozzuk. Ez értékek segítségével a





10. ábra.

$$10^9 \frac{\partial^2 I}{\partial x \partial z} = -A [\{(n_2 - n_0) - (n_3 - n_0)\} - (1 + \alpha) \{(n'_2 - n'_0) - (n'_3 - n'_0)\}]$$

$$10^9 \frac{\partial^2 I}{\partial y \partial z} = -B [\{(n_2 - n_0) + (n_3 - n_0)\} - (1 + \alpha) \{(n'_2 - n'_0) + (n'_3 - n'_0)\}]$$

$$10^9 \left( \frac{\partial^2 I}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} \right) = -C [\{(n_2 - n_0) - (n_3 - n_0)\} + (1 + \mu) \{(n'_2 - n'_0) - (n'_3 - n'_0)\}]$$

$$10^9 \frac{\partial^2 I}{\partial r \partial y} = -D [\{(n_2 - n_0) + (n_3 - n_0)\} + (1 + \mu) \{(n'_2 - n'_0) + (n'_3 - n'_0)\}]$$

állandói kiszámíthatók.<sup>1</sup>

Az effektív érzékenységet tehát az  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  értékekkel is fejezhetjük ki. Minél kisebbek az értékek, az inga annál érzékenyebb. Ez értékek 0.25 mm-es skálarészekben

1. szubjektív észlelések esetén

$$A = 1.289, \quad B = 2.233, \quad C = 3.761, \quad D = 3.257.$$

2. objektív észlelések esetén pedig

$$A = 0.857, \quad B = 1.485, \quad C = 2.501, \quad D = 2.165.$$

Egy automatikus eredeti felvételt, mely a szabadban készült, a mellékelt 10. kép ábrázol.

A lemez közepén haladó szaggatott vonal a lemez alapvonala, a köralakú foltok az 1 inga, a négyzetalakúak pedig a 2 inga állásait adják, a készüléknek egymásután következő, 120°-kal elfordult azimutjaiban. A lemez jobboldalán a hőmérő állásai vannak lefotografálva.

Ha a lemezt úgy helyezzük el, miként az az ábrában van, hogy zselatinrétege felül, a hőmérő képei pedig jobboldalt vannak, akkor az észlelések felülről lefelé következnek egymásután.

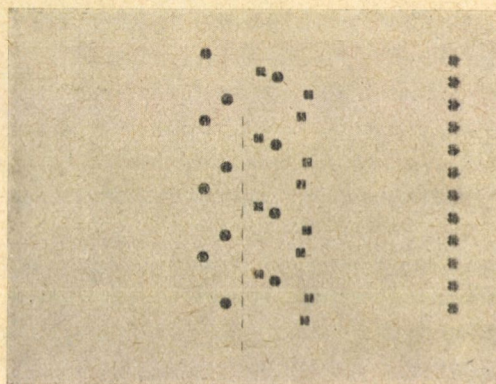
<sup>1</sup> E kifejezésekben  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  az 1. ingának leolvasott állásait jelentik az I, II, III, azimutokban, továbbá az

$$n_0 = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

a mérődrótnak megcsavaratlan állását jelöli; az  $n'_1$ ,  $n'_2$ ,  $n'_3$ ,  $n'_0$  jelentése ugyanez, de a 2. ingára vonatkoztatva. A  $\alpha$  és  $\mu$  korrekciós tagok, melyek a két inga különbözőségéből származnak.



A nehézségi erőter differenciálhányadosainak kiszámításához az egymásután következő köralakú fényfoltoknak az alapvonalra merőleges távolságának, úgyszintén az egymásután következő fényfoltok eme távolságainak ismerete szükséges. Itt meg kell jegyeznünk azt, hogy ha az ingák a pozitív irányban, azaz felülről nézve az óramutató járása irányában fordulnak el, akkor az 1 inga fényfoltja (a köralakú folt) a lemezen balról jobbfelé, azaz a hőmérő képe felé tolódik el, a 2 ingáé ellenben ellenkező irányban. Tehát az előbb említett távolság pozitív a köralakú folt esetén, ha a folttól a reá következő folt jobbra, a hő-



11. ábra.

mérő képe felé esik, ellenkező esetben negatív. A négyzet alakú foltok esetén fordítva áll. Hogy ez előjelkülönbség zavart ne okozzon, célszerű a lemez kimérésekor a távolságokat jobbfelé pozitívnak venni s a lemez kimérése után a 2 ingára vonatkozó távolságokat ellenkező előjelre változtatni.

A lemez kimérése legcélszerűbben oly komparátorral történhetik, melynek asztala a mérés irányára merőlegesen eltolható.

A kimérés igen gyorsan végezhető el, ha a lemezt alkalmas beosztású üveglapra helyezzük s a foltok távolságát e beosztás segítségével közvetlenül leolvassuk.

E célra oly mérőlemezt készíttettem, mely ugyanakkora skálarészben méri az eltolódást, mint amekkora az a szubjektív

észlelés esetén volna. Mivel a fotografikus lemez távolsága az ingatükörtől 1·504-szer nagyobb a vizuális észlelések céljára szolgáló skálátávolságnál, azért a mérőlemez beosztását 1·504-szer nagyobbnak kell készítenünk a vizuális észlelések céljára szolgáló skálabeosztásnál, hogy az effektív érzékenységet ugyanakkorának nyerjük. A vizuális skála 0·25 mm beosztású s így a mérőlemez vonalainak egymástól  $0·25 \times 1·504 = 0·376$  mm-nek kell lennie. Az általam használt mérőlemez ily beosztású.

★

Köszönettel tartozom tanársegédemnek THEISS EDÉNÉ, szül. VAJK MAGDA úrnőnek, ki vizsgálataim kezdete óta a fázasztó észlelésében nagy segítségemre volt.

Ügyszintén köszönettel tartozom a Süss N. precíziós mechanikai és optikai intézet r. t.-nak, különösen SZABADOS JENŐ igazgató és WOLF NÁNDOR mérnök uraknak, kik az ingát terveim szerint a legnagyobb buzgalommal és szakértelemmel készítették el.

Végül hálás kegyelettel emlékezem meg EÖTVÖS LORÁND báróról, aki bennem a gravitációs vizsgálatok iránt az érdeklődést és szeretetet felkeltette s az iránta érzett mély hála és tisztelet indított arra, hogy hőn óhajtott vágyát, a kisméretű torziós ingát, megvalósítani igyekezzem.

---

(A M. Tud. Akadémia III. osztályának 1929 február 18-án tartott üléséből).

# EINE NEUE KONSTRUKTION DER EÖTVÖS-SCHEN DREHWAGE.

Von STEFAN RYBÁR korr. Mitglied der Akademie.

Es werden vor allem die vom Verfasser in der Sitzung der III. Klasse am 19. Mai 1924 der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vorgelegten Grundprinzipien besprochen, mittels deren Anwendung eine wesentliche Verkleinerung der Dimension der Eötvös' schen Drehwage erreicht wurde, ohne dabei die Empfindlichkeit der Drehwage zu vermindern. Nachher werden die Untersuchungen bezüglich der Beseitigung der in der Drehwage auftretenden störenden Einflüsse erörtert und zum Schluss folgt eine Beschreibung der mechanischen Konstruktion der Drehwage.

---

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften vom 18. Februar 1929.)

## EGY DETERMINÁNS-TÉTEL ÁLTALÁNOSÍTÁSA.

RADOS GUSZTÁV r. tagtól.

42 éve mult, hogy a Matematikai és Természettudományi Értesítő IV. kötetében (a 265. lapon) «A determinánsok elméletéhez» című dolgozatomban egy tételt közöltem és bebizonyítottam, amely fontos számelméleti alkalmazásainál fogva figyelmet érdemel. E tétel a következő:

*Ha az*

$$A = |a_{ik}| \quad (i, k = 1, 2, \dots, n) \quad \text{és} \quad B = |b_{gh}| \quad (g, h = 1, 2, \dots, m)$$

*n-ed, illetőleg m-edfokú determinánsok elemeiből a következő,  $C^+$ -tel jelölendő determinánst képezzük:*

$$C^+ = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11} & \dots & a_{11}b_{1m} & \dots & a_{1k}b_{11} & \dots & a_{1k}b_{1m} & \dots & a_{1n}b_{11} & \dots & a_{1n}b_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}b_{11} & \dots & a_{n1}b_{1m} & \dots & a_{nk}b_{11} & \dots & a_{nk}b_{1m} & \dots & a_{nn}b_{11} & \dots & a_{nn}b_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{11}b_{g1} & \dots & a_{11}b_{gm} & \dots & a_{1k}b_{g1} & \dots & a_{1k}b_{gm} & \dots & a_{1n}b_{g1} & \dots & a_{1n}b_{gm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}b_{g1} & \dots & a_{n1}b_{gm} & \dots & a_{nk}b_{g1} & \dots & a_{nk}b_{gm} & \dots & a_{nn}b_{g1} & \dots & a_{nn}b_{gm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{11}b_{m1} & \dots & a_{11}b_{mm} & \dots & a_{1k}b_{m1} & \dots & a_{1k}b_{mm} & \dots & a_{1n}b_{m1} & \dots & a_{1n}b_{mm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1}b_{m1} & \dots & a_{n1}b_{mm} & \dots & a_{nk}b_{m1} & \dots & a_{nk}b_{mm} & \dots & a_{nn}b_{m1} & \dots & a_{nn}b_{mm} \end{vmatrix}$$

*akkor*

$$C^+ = A^m \cdot B^n. \quad (1)$$

Négy évvel később, 1990-ben KURT HENSEL, a kiváló marburgi matematikus, az «Acta Mathematica» című folyóirat 14. kötetében (317. lapon) «Über die Darstellung der Determinante eines Systems, welches aus zwei anderen componirt ist» című



(1889 május 12-ről keltezett) értekezésében dolgozatom pontos idézése és a benne követett módszer ismertetése mellett ugyanezt a tételt a lineár egyenletrendszerek elméletének elmés fölhasználásával bizonyította be. Értekezésében fölemlíti, hogy KRONECKER algebrai előadásában ugyanezt a tételt a determinánsok szorzására vonatkozó tételnek fölhasználásával elegáns átalakítások segítségével vezette le.

Újabban ismét foglalkozván e tétellel, azt vettem észre, hogy úgy, amint KRONECKER, HENSEL és én a tételt kimondottuk, az még kiegészítésre szorul. Ugyanis az (1) alatti egyenlőség csak akkor helyes minden esetben, ha a két oldalán álló mennyiségeket azoknak abszolút értékével pótoljuk, azaz az (1) egyenlőséget pótoljuk a következővel

$$|C^+| = |A|^m |B|^n.$$

Magában véve az (1) egyenlőség nem minden esetben szolgáltat helyes eredményt, amint erről egyszerű példák meggyőzőnek. Legyen például

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

akkor  $C$  a következő negyedfokú determináns

$$C^+ = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = -1.$$

Tehát a jelen esetben

$$C^+ = -A^m B^n.$$

<sup>1</sup> A második és harmadik oszlopot felcserélve.

Ha azonban például  $n = 5$ ,  $m = 2$  és

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad B = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix},$$

akkor

$$C^+ = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} & a_{13}b_{11} & a_{13}b_{12} & a_{14}b_{11} & a_{14}b_{12} & a_{15}b_{11} & a_{15}b_{12} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} & a_{23}b_{11} & a_{23}b_{12} & a_{24}b_{11} & a_{24}b_{12} & a_{25}b_{11} & a_{25}b_{12} \\ a_{31}b_{11} & a_{31}b_{12} & a_{32}b_{11} & a_{32}b_{12} & a_{33}b_{11} & a_{33}b_{12} & a_{34}b_{11} & a_{34}b_{12} & a_{35}b_{11} & a_{35}b_{12} \\ a_{41}b_{11} & a_{41}b_{12} & a_{42}b_{11} & a_{42}b_{12} & a_{43}b_{11} & a_{43}b_{12} & a_{44}b_{11} & a_{44}b_{12} & a_{45}b_{11} & a_{45}b_{12} \\ a_{51}b_{11} & a_{51}b_{12} & a_{52}b_{11} & a_{52}b_{12} & a_{53}b_{11} & a_{53}b_{12} & a_{54}b_{11} & a_{54}b_{12} & a_{55}b_{11} & a_{55}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} & a_{13}b_{21} & a_{13}b_{22} & a_{14}b_{21} & a_{14}b_{22} & a_{15}b_{21} & a_{15}b_{22} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} & a_{23}b_{21} & a_{23}b_{22} & a_{24}b_{21} & a_{24}b_{22} & a_{25}b_{21} & a_{25}b_{22} \\ a_{31}b_{21} & a_{31}b_{22} & a_{32}b_{21} & a_{32}b_{22} & a_{33}b_{21} & a_{33}b_{22} & a_{34}b_{21} & a_{34}b_{22} & a_{35}b_{21} & a_{35}b_{22} \\ a_{41}b_{21} & a_{41}b_{22} & a_{42}b_{21} & a_{42}b_{22} & a_{43}b_{21} & a_{43}b_{22} & a_{44}b_{21} & a_{44}b_{22} & a_{45}b_{21} & a_{45}b_{22} \\ a_{51}b_{21} & a_{51}b_{22} & a_{52}b_{21} & a_{52}b_{22} & a_{53}b_{21} & a_{53}b_{22} & a_{54}b_{21} & a_{54}b_{22} & a_{55}b_{21} & a_{55}b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = +1$$

és így ebben az esetben

$$C^+ = A^m \cdot B^n.$$

A kérdés, amely most fölmerül, hogy mely esetekben lesz

$$C = A^m \cdot B^n$$

és mely esetekben

$$C = -A^m \cdot B^n?$$

Erre a kérdésre óhajtom megadni a választ. De a helyett, hogy a régi tétel bebizonyítását kiegészíteném, inkább e tétel ér-

dekes általánosítását adom, amelynek bebizonyításából a régi tételre vonatkozó kérdéses előjelszabály is ki fog adódni.

Ez az általánosított tétel a következő:

*Adva van  $m$  számú  $n$ -edfokú determináns*

$$A^{(g)} = \begin{vmatrix} a_{11}^{(g)} & a_{12}^{(g)} & \dots & a_{1n}^{(g)} \\ a_{21}^{(g)} & a_{22}^{(g)} & \dots & a_{2n}^{(g)} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1}^{(g)} & a_{n2}^{(g)} & \dots & a_{nn}^{(g)} \end{vmatrix} \quad (g=1, 2, \dots, m)$$

*és  $m$  számú  $n$ -edfokú determináns*

$$B^{(h)} = \begin{vmatrix} b_{11}^{(h)} & b_{12}^{(h)} & \dots & b_{1n}^{(h)} \\ b_{21}^{(h)} & b_{22}^{(h)} & \dots & b_{2n}^{(h)} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{m1}^{(h)} & b_{m2}^{(h)} & \dots & b_{mn}^{(h)} \end{vmatrix} \quad (h=1, 2, \dots, n)$$

*ha ezeknek elemeiből a következő  $C$ -vel jelölendő  $mn$ -edfokú determinánst képezzük:*

$$C = \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)} b_{11}^{(1)} & \dots & a_{11}^{(1)} b_{1m}^{(1)} & a_{12}^{(1)} b_{11}^{(2)} & \dots & a_{12}^{(1)} b_{1m}^{(2)} & \dots & a_{1n}^{(1)} b_{11}^{(n)} & \dots & a_{1n}^{(1)} b_{1m}^{(n)} \\ a_{21}^{(1)} b_{11}^{(1)} & \dots & a_{21}^{(1)} b_{1m}^{(1)} & a_{22}^{(1)} b_{11}^{(2)} & \dots & a_{22}^{(1)} b_{1m}^{(2)} & \dots & a_{2n}^{(1)} b_{11}^{(n)} & \dots & a_{2n}^{(1)} b_{1m}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}^{(1)} b_{11}^{(1)} & \dots & a_{n1}^{(1)} b_{1m}^{(1)} & a_{n2}^{(1)} b_{11}^{(2)} & \dots & a_{n2}^{(1)} b_{1m}^{(2)} & \dots & a_{nn}^{(1)} b_{11}^{(n)} & \dots & a_{nn}^{(1)} b_{1m}^{(n)} \\ a_{11}^{(2)} b_{21}^{(1)} & \dots & a_{11}^{(2)} b_{2m}^{(1)} & a_{12}^{(2)} b_{21}^{(2)} & \dots & a_{12}^{(2)} b_{2m}^{(2)} & \dots & a_{1n}^{(2)} b_{21}^{(n)} & \dots & a_{1n}^{(2)} b_{2m}^{(n)} \\ a_{21}^{(2)} b_{21}^{(1)} & \dots & a_{21}^{(2)} b_{2m}^{(1)} & a_{22}^{(2)} b_{21}^{(2)} & \dots & a_{22}^{(2)} b_{2m}^{(2)} & \dots & a_{2n}^{(2)} b_{21}^{(n)} & \dots & a_{2n}^{(2)} b_{2m}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}^{(2)} b_{21}^{(1)} & \dots & a_{n1}^{(2)} b_{2m}^{(1)} & a_{n2}^{(2)} b_{21}^{(2)} & \dots & a_{n2}^{(2)} b_{2m}^{(2)} & \dots & a_{nn}^{(2)} b_{21}^{(n)} & \dots & a_{nn}^{(2)} b_{2m}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{11}^{(m)} b_{m1}^{(1)} & \dots & a_{11}^{(m)} b_{mnm}^{(1)} & a_{12}^{(m)} b_{m1}^{(2)} & \dots & a_{12}^{(m)} b_{mnm}^{(2)} & \dots & a_{1n}^{(m)} b_{m1}^{(n)} & \dots & a_{1n}^{(m)} b_{mnm}^{(n)} \\ a_{21}^{(m)} b_{m1}^{(1)} & \dots & a_{21}^{(m)} b_{mnm}^{(1)} & a_{22}^{(m)} b_{m1}^{(2)} & \dots & a_{22}^{(m)} b_{mnm}^{(2)} & \dots & a_{2n}^{(m)} b_{m1}^{(n)} & \dots & a_{2n}^{(m)} b_{mnm}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}^{(m)} b_{m1}^{(1)} & \dots & a_{n1}^{(m)} b_{mnm}^{(1)} & a_{n2}^{(m)} b_{m1}^{(2)} & \dots & a_{n2}^{(m)} b_{mnm}^{(2)} & \dots & a_{nn}^{(m)} b_{m1}^{(n)} & \dots & a_{nn}^{(m)} b_{mnm}^{(n)} \end{vmatrix}$$

*akkor fennáll a következő egyenlőség:*

$$C = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}} A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)}. \quad (2)$$

Innen látható, hogy a (2) alatti egyenlőség jobboldalán az előjelet  $(-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}}$  hatvány határozza meg és így ez pozitív

csak akkor lesz, ha az  $m$  és  $n$  számoknak legalább egyike  $4k$  vagy  $4k+1$  alakú; bármily más esetben ez az előjel negatív. Ugyanis az  $m$  és  $m-1$  számok közül csak az egyik páros; ha  $n$  páros, akkor  $m-1$  páratlan és így  $\frac{m(m-1)}{2}$  páros csak akkor lesz, ha  $\frac{m}{2}$  páros, azaz  $4k$ -alakú szám; ha  $m$  páratlan, akkor  $m-1$  páros és  $\frac{m(m-1)}{2}$  páros csak akkor lesz, ha  $\frac{m-1}{2}$  páros, azaz  $m$   $(4k+1)$  alakú szám. Bármely más esetben  $\frac{m(m-1)}{2}$  páratlan. Ugyanez áll a  $\frac{n(n-1)}{2}$ -re nézve is.

### Az általánosított determinánstétel beh bizonyítása.

A beh bizonyítás legegyszerűbben és a fölmerült előjelre vonatkozó kérdés eldöntése tekintetében legtökéletesebben végezhető, ha ismét a GRASSMANN kiterjedéstanából ismeretes segéd-eszközökhöz folyamodunk.

Ha az

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i, \dots, \varepsilon_k, \dots, \varepsilon_v$$

alternáló egységek, azaz az

$$\begin{aligned} \varepsilon_i \varepsilon_k &= -\varepsilon_k \varepsilon_i \\ (i, k &= 1, 2, \dots, v) \end{aligned}$$

feltételeknek megfelelők és belőlük a  $c_{jl}$  ( $j, l=1, 2, \dots, v$ ) valós vagy komplex együtthatókkal a

$$C_j = c_{j1}\varepsilon_1 + c_{j2}\varepsilon_2 + \dots + c_{jv}\varepsilon_v \\ (j=1, 2, \dots, v)$$

alternáló számokat vezetjük le, melyekre nézve tehát ismét a

$$\begin{aligned} C_i C_k &= -C_k C_i \\ (i, k &= 1, 2, \dots, v) \end{aligned}$$

egyenlőségek fennállanak, akkor a  $C_1 C_2 \dots C_v$  szorzat így fejezhető ki:

$$C_1 C_2 \dots C_v = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1v} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2v} \\ . & . & \dots & . \\ c_{v1} & c_{v2} & \dots & c_{vv} \end{vmatrix} \varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_v.$$

Ezen az alapon fogjuk most a bevezetésben  $C$ -vel jelölt  $m$ -edfokú determinánst kiszámítani. E célból a következő  $m$  számú alternáló egységet vezetjük be:

$$\begin{array}{l} \varepsilon_{11} \dots \varepsilon_{1g} \dots \varepsilon_{1m} \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \varepsilon_{h1} \dots \varepsilon_{hg} \dots \varepsilon_{hm} \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \varepsilon_{n1} \dots \varepsilon_{ng} \dots \varepsilon_{nm} \end{array} \quad (E)$$

amelyek az

$$\varepsilon_{hg}\varepsilon_{h'g'} = -\varepsilon_{h'g'}\varepsilon_{hg} \quad (g, g'=1, 2, \dots, n; h, h'=1, 2, \dots, m)$$

$(mn)^2$  számú feltételi egyenletnek megfelelnek. Ezekből az egy-  
ségekből és  $B^{(n)}$  determináns elemeiből levezetvén a

$$\begin{aligned} B_1^{(h)} &= b_{11}^{(h)} \varepsilon_{h1} + b_{12}^{(h)} \varepsilon_{h2} + \cdots + b_{1m}^{(h)} \varepsilon_{hm} \\ B_2^{(h)} &= b_{21}^{(h)} \varepsilon_{h1} + b_{22}^{(h)} \varepsilon_{h2} + \cdots + b_{2m}^{(h)} \varepsilon_{hm} \\ &\vdots \\ B_m^{(h)} &= b_{m1}^{(h)} \varepsilon_{h1} + b_{m2}^{(h)} \varepsilon_{h2} + \cdots + b_{mm}^{(h)} \varepsilon_{hm} \end{aligned} \quad (3)$$

alternáló számokat, ezek ismét a

$$B_i^{(h)} B_k^{(h)} = - B_k^{(h)} B_i^{(h)} \quad (4)$$

( $i, k = 1, 2, \dots, n$ )

feltételeknek tesznek eleget, valamint ismét fennáll GRASSMANN  
tétele, amelynek értelmében fennállanak a

$$B_1^{(h)} B_2^{(h)} \dots B_m^{(h)} = \left| \begin{array}{cccc} b_{11}^{(h)} b_{12}^{(h)} \dots b_{1m}^{(h)} \\ b_{21}^{(h)} b_{22}^{(h)} \dots b_{2m}^{(h)} \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ b_{m1}^{(h)} b_{m2}^{(h)} \dots b_{mm}^{(h)} \end{array} \right| \quad \varepsilon_{h1} \varepsilon_{h2} \dots \varepsilon_{hm} =$$

$$= B^{(h)} \varepsilon_{h1} \varepsilon_{h2} \dots \varepsilon_{hm} \quad (5)$$

$$(h=1, 2, \dots, n)$$

egyenlőségek.

Ha a  $G$   $nm$ -edfokú determinánst akarjuk kiszámítani, akkor ennek soraiban foglalt elemekből és az  $nm$  számú alternáló egy-



GRASSMANN tétele szerint

$$\begin{aligned} \prod_{g=1}^n (a_{g1}^{(h)} B_h^{(1)} + a_{g2}^{(h)} B_h^{(2)} + \dots + a_{gn}^{(h)} B_h^{(n)}) = \\ = \begin{vmatrix} a_{11}^{(h)} & a_{12}^{(h)} & \dots & a_{1n}^{(h)} \\ a_{21}^{(h)} & a_{22}^{(h)} & \dots & a_{2n}^{(h)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}^{(h)} & a_{n2}^{(h)} & \dots & a_{nn}^{(h)} \end{vmatrix} B_h^{(1)} B_h^{(2)} \dots B_h^{(n)} = \\ = A^{(h)} B_h^{(1)} B_h^{(2)} \dots B_h^{(n)}. \end{aligned}$$

Ezt behelyettesítvén, a (7) alatti egyenlőségbe, a következő reláció adódik:

$$\begin{aligned} C \prod_{h=1}^m \prod_{g=1}^n \varepsilon_{hg} = \\ = A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B_1^{(1)} B_1^{(2)} \dots B_1^{(n)} \cdot B_2^{(1)} B_2^{(2)} \dots B_2^{(n)} \dots B_m^{(1)} B_m^{(2)} \dots B_m^{(n)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Minő előjelváltozást szenved a (8) alatti egyenlőség jobb-oldala, ha ebben a tényezőket a következő módon rendezzük el:

$$A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B_1^{(1)} B_2^{(1)} \dots B_m^{(1)} \cdot B_1^{(2)} B_2^{(2)} \dots B_m^{(2)} \dots B_1^{(n)} B_2^{(n)} \dots B_m^{(n)}? \quad (9)$$

Mivel alternáló számok szorzata bármely két tényezőjének transpozíciójakor előjelét megváltoztatja, a (8) alatti egyenlőség jobboldalán álló szorzat, ha tőle áttérünk a (9) alatti szorzatra, előjelét annyszor fogja megváltoztatni, mint ahány inverziót mutat az

$$\begin{aligned} 1, n+1, n+2, \dots, (m-1)n+1, 2, n+2, \dots, \\ (m-1)n+2, \dots, n, 2n, \dots, mn \end{aligned}$$

permutáció. Az ebben foglalt inverziók számát a következő kifejezés adja

$$\begin{aligned} (n-1) + 2(n-1) + \dots + (m-1)(n-1) + \\ + (n-2) + 2(n-2) + \dots + (m-1)(n-2) + \\ + \dots + \dots + \dots + \\ + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + \dots + 1 \cdot (m-1) = \\ = [(n-1) + (n-2) + \dots + 2 + 1] [1 + 2 + \dots + (m-1)] = \\ = \frac{n(n-1)}{2} \cdot \frac{m(m-1)}{2}. \end{aligned}$$

Ezt figyelembe véve, a (8) alatti egyenlőség most már így írható:

$$C \prod_{h=1}^m \prod_{g=1}^n \varepsilon_{hg} =$$

$$= (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \frac{n(n-1)}{2}} A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B_1^{(1)} B_2^{(1)} \dots B_m^{(1)} \cdot B_1^{(2)} B_2^{(2)} \dots B_m^{(2)} \dots$$

$$B_1^{(n)} B_2^{(n)} B_m^{(n)}.$$

Ha figyelembe vesszük az (5) alatti egyenlőséget, ebből a

$$C \prod_{h=1}^m \prod_{g=1}^n \varepsilon_{hg} =$$

$$= (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \frac{n(n-1)}{2}} A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)} \prod_{h=1}^m \prod_{g=1}^n \varepsilon_{hg}$$

egyenlőség adódik, amelyből a

$$C = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \frac{n(n-1)}{2}} A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)} \quad (10)$$

egyenlőség helyessége kiderül. Ezzel az 1886-ban közölt determináns-tétel általánosítása teljesen be van bizonyítva, egyszerűen a fölmerült előjelkérdés is elintézve.

Talán nem lesz felesleges a talált eredményt egy példán ellenőrizni. Legyen  $m = 2$ ,  $n = 2$  és

$$A^{(1)} = \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)} \\ a_{21}^{(1)} & a_{22}^{(1)} \end{vmatrix}, \quad A^{(2)} = \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)} & a_{12}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)} \end{vmatrix}$$

$$B^{(1)} = \begin{vmatrix} b_{11}^{(1)} & b_{12}^{(1)} \\ b_{21}^{(1)} & b_{22}^{(1)} \end{vmatrix}, \quad B^{(2)} = \begin{vmatrix} b_{11}^{(2)} & b_{12}^{(2)} \\ b_{21}^{(2)} & b_{22}^{(2)} \end{vmatrix}$$

akkor

$$C = \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)} b_{11}^{(1)} & a_{11}^{(1)} b_{12}^{(1)} & a_{12}^{(1)} b_{11}^{(2)} & a_{12}^{(1)} b_{12}^{(2)} \\ a_{21}^{(1)} b_{11}^{(1)} & a_{21}^{(1)} b_{12}^{(1)} & a_{22}^{(1)} b_{11}^{(2)} & a_{22}^{(1)} b_{12}^{(2)} \\ a_{11}^{(2)} b_{21}^{(1)} & a_{11}^{(2)} b_{22}^{(1)} & a_{12}^{(2)} b_{21}^{(2)} & a_{12}^{(2)} b_{22}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)} b_{21}^{(1)} & a_{21}^{(2)} b_{22}^{(1)} & a_{22}^{(2)} b_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)} b_{22}^{(2)} \end{vmatrix}$$

Ha  $C$ -t LAPLACE tétele szerint az első két sor alkotta matrix másodfokú determinánsai szerint kifejtjük, lesz:



$$C = \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{11}^{(1)}b_{12}^{(1)} \\ a_{21}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{21}^{(1)}b_{12}^{(1)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)} & a_{12}^{(2)}b_{22}^{(2)} \\ a_{22}^{(2)}b_{21}^{(2)} & a_{22}^{(2)}b_{22}^{(2)} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)}b_{11}^{(2)} \\ a_{21}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{22}^{(1)}b_{11}^{(2)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)}b_{22}^{(1)} & a_{12}^{(2)}b_{22}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)}b_{22}^{(1)} & a_{22}^{(2)}b_{22}^{(2)} \end{vmatrix} + \\ + \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{12}^{(1)}b_{12}^{(2)} \\ a_{21}^{(1)}b_{11}^{(1)} & a_{22}^{(1)}b_{12}^{(2)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)}b_{22}^{(1)} & a_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)}b_{22}^{(1)} & a_{22}^{(2)}b_{21}^{(2)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)}b_{12}^{(1)} & a_{12}^{(1)}b_{11}^{(2)} \\ a_{21}^{(1)}b_{12}^{(1)} & a_{22}^{(1)}b_{11}^{(2)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{12}^{(2)}b_{22}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{22}^{(2)}b_{22}^{(2)} \end{vmatrix} - \\ - \begin{vmatrix} a_{11}^{(1)}b_{12}^{(1)} & a_{12}^{(1)}b_{12}^{(2)} \\ a_{21}^{(1)}b_{12}^{(1)} & a_{22}^{(1)}b_{12}^{(2)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{22}^{(2)}b_{21}^{(2)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{12}^{(1)}b_{11}^{(2)} & a_{12}^{(1)}b_{12}^{(2)} \\ a_{22}^{(1)}b_{11}^{(2)} & a_{22}^{(1)}b_{12}^{(2)} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_{11}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)} \\ a_{21}^{(2)}b_{21}^{(1)} & a_{22}^{(2)}b_{21}^{(2)} \end{vmatrix}.$$

A jobboldali kifejezés első és utolsó tagja zérussal egyenlő.

A többi tagot kifejtvén, lesz:

$$C = -b_{11}^{(1)}b_{11}^{(2)}A^{(1)}b_{22}^{(1)}b_{22}^{(2)}A^{(2)} + b_{11}^{(1)}b_{12}^{(2)}A^{(1)}b_{22}^{(1)}b_{21}^{(2)}A^{(2)} + \\ + b_{12}^{(1)}b_{11}^{(2)}A^{(1)}b_{21}^{(1)}b_{22}^{(2)}A^{(2)} - b_{12}^{(1)}b_{12}^{(2)}A^{(1)}b_{21}^{(1)}b_{21}^{(2)}A^{(2)} = \\ = -A^{(1)}A^{(2)}[b_{11}^{(1)}b_{22}^{(1)} \cdot b_{11}^{(2)}b_{22}^{(2)} - b_{11}^{(1)}b_{22}^{(1)} \cdot b_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)} - b_{12}^{(1)}b_{21}^{(1)} \cdot b_{11}^{(2)}b_{22}^{(2)} + b_{12}^{(1)}b_{21}^{(1)} \cdot b_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)}] = \\ = -A^{(1)}A^{(2)}[b_{11}^{(1)}b_{22}^{(1)}(b_{11}^{(2)}b_{22}^{(2)} - b_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)}) - b_{12}^{(1)}b_{21}^{(1)}(b_{11}^{(2)}b_{22}^{(2)} - b_{12}^{(2)}b_{21}^{(2)})] = \\ = -A^{(1)}A^{(2)}[b_{11}^{(1)}b_{22}^{(1)}B^{(2)} - b_{12}^{(1)}b_{21}^{(1)}B^{(2)}] = -A^{(1)}A^{(2)}B^{(1)}B^{(2)}.$$

Tehát tényleg

$$C = (-1)^{\frac{2 \cdot 1}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1}{2}} A^{(1)}A^{(2)}B^{(1)}B^{(2)}.$$

### Speciális esetek.

Ha az

$$\| a_{ik}^{(g)} \| \quad (i, k=1, 2, \dots, n; g=1, 2, \dots, m)$$

és

$$\| b_{rs}^{(h)} \| \quad (r, s=1, 2, \dots, m; h=1, 2, \dots, n),$$

matrixok azonosak és egyenlők az

$$\| a_{ik} \| \quad (i, k=1, 2, \dots, n)$$

illetőleg

$$\| b_{rs} \| \quad (r, s=1, 2, \dots, m)$$

matrixokkal; ha továbbá az  $\| a_{ik} \|$  matrix determinánsát  $A$ -val, a  $\| b_{rs} \|$  matrixét  $B$ -vel jelöljük, úgyhogy

$$A = \| a_{ik} \| \quad (i, k=1, 2, \dots, n)$$

$$B = \| b_{rs} \| \quad (r, s=1, 2, \dots, m)$$

akkor a (10) alatti egyenlőség a következőbe megy át

$$C^+ = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}} A^m B^n,$$

amivel az 1886-ban közölt tétel helyreigazított alakban van bizonyítva.

Ha csak az

$$\|a_{ik}^{(1)}\| = \|a_{ik}^{(2)}\| = \dots + \|a_{ik}^{(m)}\| = \|a_{ik}\|$$

(i, k=1, 2, ..., n)

egyenlőségek állanak fenn, akkor a (10) alatti egyenlőség bal oldalán álló determináns a következőbe megy át:

$$C^{++} = \begin{vmatrix} a_{11}b_{11}^{(1)} \dots a_{11}b_{1n}^{(1)} & a_{12}b_{11}^{(2)} \dots a_{12}b_{1m}^{(2)} \dots a_{1n}b_{11}^{(n)} \dots a_{1n}b_{1n}^{(n)} \\ a_{21}b_{11}^{(1)} \dots a_{21}b_{1n}^{(1)} & a_{22}b_{11}^{(2)} \dots a_{22}b_{1m}^{(2)} \dots a_{2n}b_{11}^{(n)} \dots a_{2n}b_{1n}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}b_{11}^{(1)} \dots a_{n1}b_{1n}^{(1)} & a_{n2}b_{11}^{(2)} \dots a_{n2}b_{1m}^{(2)} \dots a_{nn}b_{11}^{(n)} \dots a_{nn}b_{1n}^{(n)} \\ a_{11}b_{21}^{(1)} \dots a_{11}b_{2n}^{(1)} & a_{12}b_{21}^{(2)} \dots a_{12}b_{2m}^{(2)} \dots a_{1n}b_{21}^{(n)} \dots a_{1n}b_{2n}^{(n)} \\ a_{21}b_{21}^{(1)} \dots a_{21}b_{2n}^{(1)} & a_{22}b_{21}^{(2)} \dots a_{22}b_{2m}^{(2)} \dots a_{2n}b_{21}^{(n)} \dots a_{2n}b_{2n}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}b_{21}^{(1)} \dots a_{n1}b_{2n}^{(1)} & a_{n2}b_{21}^{(2)} \dots a_{n2}b_{2m}^{(2)} \dots a_{nn}b_{21}^{(n)} \dots a_{nn}b_{2n}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{11}b_{m1}^{(1)} \dots a_{11}b_{mn}^{(1)} & a_{12}b_{m1}^{(2)} \dots a_{12}b_{mm}^{(2)} \dots a_{1n}b_{m1}^{(n)} \dots a_{1n}b_{mn}^{(n)} \\ a_{21}b_{m1}^{(1)} \dots a_{21}b_{mn}^{(1)} & a_{22}b_{m1}^{(2)} \dots a_{22}b_{mm}^{(2)} \dots a_{2n}b_{m1}^{(n)} \dots a_{2n}b_{mn}^{(n)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}b_{m1}^{(1)} \dots a_{n1}b_{mn}^{(1)} & a_{n2}b_{m1}^{(2)} \dots a_{n2}b_{mm}^{(2)} \dots a_{nn}b_{m1}^{(n)} \dots a_{nn}b_{mn}^{(n)} \end{vmatrix}$$

és a (10) alatti egyenlőség a következőt szolgáltatja:

$$C^{++} = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}} A^n B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)},$$

amelynek fontos számelméleti alkalmazása van.

E tételnek közvetetlen folyománya az a felette fontos tétel, hogy valamely algebrai számtestnek,  $K$ -nak discriminánsa  $D$  mindig osztható bármely  $k$  részlettest (Unterkörper) discriminánsának  $d$ -nek meghatározott hatványával oly módon, hogy a következő egyenlőség áll fenn

$$D = d^r \text{ Norma } (D_k),$$

ahol  $r$  jelenti a  $K$  számtestnek a  $k$ -ra vonatkozó relatív fokszámát,  $D_k$  pedig a  $k$ -ra vonatkozó relatív discriminánsát.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V. Ö. D. HILBERT «Die Theorie der algebraischen Zahlkörper». Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung. Bd. IV. pag. 206.

# ÜBER DIE VERALLGEMEINERUNG EINES DETERMINANTENSATZES.

Von GUSTAV RADOS o. Mitglied der Akademie.

Im IV. Bande dieser Zeitschrift habe ich in meiner Note «Zur Theorie der Determinanten» einen Satz mitgeteilt und bewiesen, der folgendermaassen lautet:

I. *Bildet man aus den Elementen der Determinanten*

$$A = |a_{ik}| (i, k = 1, 2, \dots, n), \quad B = |b_{gh}| (g, h = 1, 2, \dots, m)$$

*eine Determinante mn-ten Grades  $C^+$ , deren Zeilen aus dem Schema*

$$a_{g1}b_{h1} \dots a_{g1}b_{hm} \quad a_{g2}b_{h1} \dots a_{g2}b_{hm} \dots a_{gn}b_{h1} \dots a_{gn}b_{hm}$$

*durch hervorgehen, daß man für*

$$\begin{aligned} g &= 1, 2, \dots, n \\ h &= 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

*setzt, so besteht die Identität*

$$C^+ = A^m B^n. \quad (1)$$

Vier Jahre später hat Herr KURT HENSEL im 14. Bande der Acta Mathematica in seiner Arbeit «Über die Darstellung der Determinante eines Systems, welches aus zwei anderen komponiert ist» unter Erwähnung meiner Note denselben Satz bei Zugrundelegung der Theorie linearer Systeme von Gleichung für die Richtigkeit der Identität (1) einen neuen Beweis erbracht und zugleich hervorgehoben, dass KRONECKER in seinen algebraischen Vorlesungen diesen Satz durch elegante Umformungen mittels des Multiplikations-Theorems der Determinanten bewiesen hat.

Eine genauere Untersuchung der Identität (1) zeigt jedoch, dass diese nur in dem Falle richtig ist, wenn wenigstens eine der Zahlen  $m, n$  für den Teiler 4 den Rest 0 oder 1 liefert; in allen anderen Fällen ist der rechten Seite stets das Minus-Zeichen zuzufügen.

Statt diese Richtigstellung im Einzelnen darzulegen, beweise ich einen Satz, der den Satz I. als speziellen Fall enthält. Dieser Satz lautet:

II. Es seien gegeben  $m$  Determinanten  $n$ -ten Grades

$$A^{(g)} = \| a_{ik}^{(g)} \| \quad (i, k=1, 2, \dots, n) \quad (g=1, 2, \dots, m)$$

ferner  $n$  Determinanten  $m$ -ten Grades

$$B^{(h)} = \| b_{rs}^{(h)} \| \quad (r, s=1, 2, \dots, m) \quad (h=1, 2, \dots, n)$$

bildet man aus den Elementen dieser Determinanten, die Determinante  $C$   $mn$ -ten Grades, deren Reihen aus dem Schema

$$a_{g1}^{(h)} b_{h1}^{(1)}, \dots, a_{g1}^{(h)} b_{hm}^{(1)}, a_{g2}^{(h)} b_{h1}^{(2)}, \dots, a_{g2}^{(h)} b_{hm}^{(2)}, \dots, a_{gn}^{(h)} b_{h1}^{(n)}, \dots, a_{gn}^{(h)} b_{hm}^{(n)}$$

entstehen, indem man  $g=1, 2, \dots, n$  und  $h=1, 2, \dots, m$  setzt, so besteht die Identität:

$$C = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}} A^{(1)} A^{(2)} \dots A^{(m)} B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)}. \quad (2)$$

Es ist nun klar, dass im Falle

$$a_{ik}^{(1)} = a_{ik}^{(2)} = \dots = a_{ik}^{(m)} = a_{ik} \quad (i, k=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$b_{rs}^{(1)} = b_{rs}^{(2)} = \dots = b_{rs}^{(n)} = b_{rs} \quad (r, s=1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

aus der Identität (2), die Identität

$$C^+ = (-1)^{\frac{m(m-1)}{2} \cdot \frac{n(n-1)}{2}} \| a_{ik} \|_m^n \| b_{rs} \|_n^m$$

( $i, k=1, 2, \dots, n; r, s=1, 2, \dots, m$ )

hervorgeht, also daß der Satz I. im Satze II. als spezieller Fall enthalten ist und somit den Satz I. mit richtiggestelltem Vorzeichen ergibt.

Bestehen nur die Gleichungen (3), die Gleichungen (4) jedoch nicht, so übergeht die Determinante  $C$  in eine andere  $C^{++}$ , deren Zeilen aus dem Schema

$$a_{g1}b_{h1}^{(1)}, \dots, a_{g1}b_{hm}^{(1)}, \dots, a_{g2}b_{h1}^{(2)}, \dots, a_{g2}b_{hm}^{(2)}, \dots, a_{gn}b_{h1}^{(n)}, \dots, a_{gn}b_{hm}^{(n)}$$

hervorgehen, indem man

$$\begin{aligned} g &= 1, 2, \dots, n \\ h &= 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

setzt und es gilt die folgende Identität

$$C^{++} = \begin{vmatrix} a_{ik} \end{vmatrix}_m^n B^{(1)} B^{(2)} \dots B^{(n)}. \quad (5)$$

(i, k=1, 2, \dots, n)

Aus der Identität (5) ergibt sich unmittelbar der in der Theorie der Zahlkörper wichtige Satz von D. HILBERT:

«Bedeutet  $D$  und  $d$  die Discriminanten des Oberkörpers  $K$  und des Unterkörpers  $k$  und bezeichnet  $n(D_k)$  die Norm der Relativdiscriminante  $D_k$ , genommen in Körper  $k$ , so ist

$$D = d^r n(D_k).»$$

Hierbei bedeutet  $r$  den Relativgrad von  $K$  inbezug auf  $k$ .<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Siehe D. HILBERT Zahlbericht im IV. Bde des Jahresberichtes der Deutschen Mathematiker-Vereinigung pag. 206. (1894—95).

(Aus der Sitzung der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, den 10. Dezember 1928.)

## CSOPORTOK ÉS PERIODUSOK SZERKEZETE KÖROSZTÁSI SZÁMTESTEKBEN.

TIHANYI MIKLÓS-tól.

FUCHS: <sup>1</sup> «Über die Perioden, welche aus den Wurzeln der Gleichung  $\omega^n = 1$  gebildet sind, wenn  $n$  eine zusammengesetzte Zahl ist» c. értekezésében fölveti a kérdést, hogy valamely körosztási számtestben milyen feltételek mellett lehet valamely periodus értéke 0. A kérdés FUCHS-féle megoldása első tekintetre teljesen kimerítőnek látszik, alaposabb vizsgálat után azonban szemünkbe ötlük, hogy a szerző nem minden periodust von tárgyalásának körébe s ezzel a megoldás lényegesen veszít általános jellegéből. Hogy ezt az állításunkat kissé megvilágítsuk, nevezzük az  $n$ -edik primitív egységgyököt  $\alpha$ -nak és legyen  $k$  viszonylagos törzsszám  $n$ -hez; ha még föltesszük, hogy a  $k$  szám  $n$  modulusra vonatkozólag  $t$  kitevőhöz tartozik, vagyis ha:

$$k^t \equiv 1 \pmod{n},$$

akkor a  $k$  hatványaiból alakult ciklikus csoport megállapítja azt a

$$H_1 = \alpha^k + \alpha^{k^2} + \dots + \alpha^{k^t}$$

periodust, amelyre FUCHS vizsgálatai vonatkoznak; FUCHS figyelmét tehát elkerülik az oly csoportok, amelyek két vagy több alapszám hatványaival nyerne kifejezést s így kimaradnak tárgyalásából az ezen csoportoktól vezérelt periodusok. Ha még hozzávesszük, hogy a periodus 0 értékét jelző FUCHS-féle kongruenciális feltételek eléggé körülményes kezelést kívánnak, akkor meg-

---

<sup>1</sup> Journal für die reine und angewandte Math. Bd. 61. 374—386. p. 1863.

okoltnak látjuk e kérdésnek más oldalról való megvizsgálását, annál is inkább, mert minden 0-tól különböző periodus a kérdéses körosztási számtestnek egy-egy alárendelt számtestét állapítja meg.

A FUCHS-féle vizsgálatokban a körosztási számtestekhez fűződő csoportok nem jutnak megfelelő szerephez; pedig minden periodushoz tartozik egy csoport és fordítva minden csoport egy-egy periodust állapít meg. Az a belső kapcsolat, amely valamely periodus és a periodust vezérlő csoport között van, akkor jelenik meg előttünk teljes világításban, ha sikerül a körosztási számtestben szereplő csoportok szerkezetét egyszerű formulában szemléltetnünk; az erre vonatkozó vizsgálat rávezet bennünket arra a tényre, hogy a primitív egységgyök fokszámának szerkezete teljesen egyezik a számtest helyettesítő csoportjának szerkezeti beosztásával. E vizsgálatot továbbfolytatva a periodusokon is, ismét ugyanarra a szerkezeti törvényszerűsége jutunk.

## I.

1. Figyelmünket először a csoportok szerkezeti törvényére irányítjuk; ha  $a$  primitív  $n$ -edik egységgyök és  $n$  szerkezetét

$$n = p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_s^{m_s}$$

törzstényezőssé alak jelzi, akkor, mint eléggé ismeretes, az  $a$ -tól megállapított körosztási számtest fokát, valamint a helyettesítő csoport: A rendjét  $\varphi(n)$  EULER-féle symbolum szolgáltatja. E helyettesítő csoport elemeit mindazok a maradékszámok adják, melyek  $n$ -hez viszonylagos törzsszámok és  $n$  modulusra vonatkozóan különböznek egymástól. Meg fogjuk mutatni, hogy amint  $n$  számban  $s$  számú törzstényező szerepel, éppen úgy A csoport  $s$  számú alapesoport szorzatából áll, vagyis:

$$A = A_1 A_2 \dots A_s. \quad (1)$$

Induljunk ki a következő felbontásból:

$$n = n_1 n_2 N,$$

ahol  $n_1$ ,  $n_2$  és  $N$  páronként viszonylagos törzsszámok, és alkossuk meg a következő csoportokat:

$$R_1 \equiv 1 \quad (\text{mod. } n_2 N),$$

és

$$R_2 \equiv 1 \quad (\text{mod. } n_1 N).$$

Az

$$R_1 = kn_2 N + 1$$

alak

$$k = 0, 1, 2, \dots (n_1 - 1)$$

helyettesítés mellett  $n_1$  számú különböző maradékot szolgáltat  $n_1$  modulusra vonatkozólag; hogy ezek a maradékok különböznek egymástól  $n_1$  modulusra vonatkozólag, azt eléggé mutatja

$$k_1 n_2 N + 1 \equiv k_2 n_2 N + 1 \quad (\text{mod. } n_1)$$

kongruencia lehetetlensége. Ámde ez  $n_1$  számú különböző maradék között  $\varphi(n_1)$  számú oly elem szerepel, amely  $n_1$ -hez viszonylagos törzsszám; ezek egyúttal  $n$ -hez is viszonylagos törzsszámok és így tagjai az  $A$  csoportnak is. E  $\varphi(n_1)$  számú elem csoportot alkot; e tényről a következő okoskodással győződhetünk meg:  $kn_2 N + 1$  alakú szám  $n$  modulusra vonatkozólag csak  $\varphi(n_1)$  számmal van; másrészt két ily szám összetétele (szorzata) ismét  $kn_2 N + 1$  alakban jelentkezik, tehát két ily elemből eredő szám helyet foglal  $R_1$  sorozat elemei között.

Ugyanez a megállapítás érvényes az  $R_2 = l_1 N + 1$  sorozat tagjairól

$$l = 0, 1, 2, \dots (n_2 - 1)$$

helyettesítés mellett. Nyertünk tehát két  $R_1$  és  $R_2$  csoportot  $\varphi(n_1)$ , illetőleg  $\varphi(n_2)$  számú elemmel; ez elemek tagjai egyúttal az  $A$  csoportnak is. Továbbá az is megállapítható, hogy az  $R_1$  csoport elemei mind különböznek  $R_2$  csoport elemeitől, hiszen

$$k_1 n_2 N + 1 \equiv l_1 n_1 N + 1 \quad (\text{mod. } n)$$

kongruencia maga után vonná

$$k_1 n_2 \equiv l_1 n_1 \quad (\text{mod. } n_1 n_2)$$

kongruenciát, amely pedig lehetetlen, mert  $k_1 < n_1$  és  $l_1 < n_2$ . Ha most

$$n_1 = p_1^{m_1} \quad \text{és} \quad n_2 = p_2^{m_2},$$



kikötésekkel élünk és ennek megfelelőleg

$$R_1 = A_1 \text{ és } R_2 = A_2$$

átírásokat alkalmazunk, akkor az eddig mondottak már igazolják az (1) alatt levő összefüggést, hiszen egyrészt

$$\varphi(n) = \varphi(p_1^{m_1}) \varphi(p_2^{m_2}) \dots \varphi(p_s^{m_s}),$$

másrészt

$$A_1, A_2, \dots, A_s$$

csoportok nem tartalmaznak közös elemet.

2. A periodusok értékének vizsgálatánál fontos az a körülmény, hogy az alapesoportok szintén tovább bonthatók alacsonyabbrendű csoportokra. Ha

$$n = p_1^{m_1} N_1 \text{ alapján } A_1 = kN_1 + 1$$

alapesoportot tekintünk, ahol

$$k = 0, 1, 2, \dots, (p_1^{m_1} - 1)$$

helyettesítéseket végeztünk, rögtön átlátjuk, hogy

$$D_1 = h_1 N'_1 + 1$$

alakkal  $p_1$ -ed rendű csoportot nyerünk, ha

$$N'_1 = p_1^{m_1-1} N_1$$

kikötésnek megfelelőleg a

$$h_1 = 0, 1, 2, \dots, (p_1 - 1)$$

helyettesítéseket alkalmazzuk. Azonban itt és a továbbiakban feltételezzük, hogy  $m_1 > 1$ ; arra a kivételes esetre, amikor  $m_1 = 1$ , külön fogunk kitérni. Ilyen kikötés mellett a fenti helyettesítésekből eredő számok mind viszonylagos törzsszámok  $N'_1$ -hoz és így  $n$ -hez is, vagyis e számok helyet foglalnak  $A$  csoportban is, de egyúttal benne vannak  $A_1$ -ben is, hiszen a  $k$ -nak megfelelő helyettesítésekből csak ki kell választani a

$$0, 1.p_1^{m_1-1}, 2.p_1^{m_1-1}, \dots, (p_1-1) p_1^{m_1-1}$$

értékeket, hogy megkapjuk  $D_1$  csoport elemeit. Ezt a  $D_1$  csoportot, amely  $A_1$  csoportnak osztója, discrimináns-csoportnak nevezzük azon fontos szerep miatt, melyet a periodusok értékének elbírálásánál töltenek be. Világos, hogy minden alapesoporthoz tartozik egy discrimináns-csoport, például  $A_i$ -nek discrimináns-csoportját  $D_i$ -vel jelezzük és elemeit

$$D_i = h_i N_i' + 1$$

alakból számítjuk, ha

$$N_i' = p_i^{m_i-1} N_i$$

feltételnek megfelelőleg

$$h_i = 0, 1, 2, \dots (p_i - 1)$$

helyettesítéseket végzünk ; itt még megjegyezzük, hogy

$$n = p_i^{m_i} N_i$$

felbontást alkalmaztuk és  $D_i$  csoport-jellegét az  $R_i' = A_1$  alapesoporthoz követt eljárással tisztázhatjuk.

Visszatérve  $A_1$ -re, ennek felbontását

$$A_1 = D_1 + D_1 a_1 + D_1 a_2 + D_1 a_3 + \dots$$

alakban adhatjuk és az itt szereplő

$$1, a_1, a_2, a_3, \dots$$

elemek sorozatát röviden  $A_1^{(1)}$ -nek hívjuk.

Meg fogjuk mutatni, hogy az  $A_1^{(1)}$  sorozat elemeit legcélszerűbben az

$$A_1^{(1)} = k N_1 + 1$$

kifejezés révén tudjuk kiválogatni  $A_1$  csoport elemeiből, ha

$$k = 0, 1, 2, \dots (p_1^{m_1-1} - 1)$$

helyettesítéseket végezzük és a  $p_1$ -gyel osztható számokat elhagyjuk ; így kapunk  $\varphi(p_1^{m_1-1})$  számú elemet. Ha már most figyelembe vesszük  $D_1$  csoport és  $A_1^{(1)}$  sorozat elemeinek szerkezetét, akkor az  $A_1$  csoport elemeit a következő elosztásban írhatom fel :

$$\begin{array}{ll}
1, & N_1+1, \\
p_1^{m_1-1}N_1+1, & (p_1^{m_1-1}+1)N_1+1, \\
2 \cdot p_1^{m_1-1}N_1+1, & (2 \cdot p_1^{m_1-1}+1)N_1+1, \\
\vdots & \vdots \\
(p_1-1)p_1^{m_1-1}N_1+1, & [(p_1-1)p_1^{m_1-1}+1]N_1+1, \\
\\ 
2N_1+1, & \dots (p_1^{m_1-1}-1)N_1+1, \\
(p_1^{m_1-1}+2)N_1+1, & \dots (2 \cdot p_1^{m_1-1}-1)N_1+1, \\
(2 \cdot p_1^{m_1-1}+2)N_1+1, & \dots (3 \cdot p_1^{m_1-1}-1)N_1+1, \\
\vdots & \vdots \\
[(p_1-1)p_1^{m_1-1}+2]N_1+1, \dots & (p_1^{m_1}-1)N_1+1.
\end{array}$$

Az első függőleges sor  $D_1$  elemeit adja; a második függőleges sor elemei  $N_1'$  modulusra vonatkozólag mind  $N_1+1$  maradékot adnak; ámde

$$D_1 \equiv 1 \pmod{N_1'} \quad \text{és} \quad N_1+1 \equiv N_1+1 \pmod{N_1'}$$

kongruenciákból oly

$$D_1(N_1+1) \equiv N_1+1 \pmod{N_1'}$$

kongruenciát nyerünk, amely kimeríti a második függőleges sor elemeit. Éppen így meggyőződhetünk arról is, hogy a  $(k+1)$ -dik függőleges sor elemei mind  $kN_1+1$  maradékot szolgáltatnak  $N_1'$  modulus esetén; ámde ezek az elemek

$$D_1(kN_1+1) \equiv kN_1+1 \pmod{N_1'}$$

kongruenciából is sorra megnyerhetők; írhatjuk tehát, hogy

$$A_1 = D_1 + D_1(N_1+1) + D_1(2N_1+1) + \dots + D_1(p_1^{m_1-1}-1)N_1+1],$$

vagy rövidebben

$$A_1 = D_1 A_1^{(n)}.$$

Megemlítendőnek tartjuk, hogy  $A_1^{(n)}$  elemei  $n$  modulusra vonatkozólag nem alkotnak ugyan csoportot, azonban  $N_1' = \frac{n}{\mu_1}$  modulus esetén a csoport-jelleget könnyen igazolhatjuk, amint ezt  $R_1 = A_1$  csoportnál tettük. Ha tehát az egységyökök fokát  $\mu_1$ -gyel való osztással csökkentjük és ennek megfelelőleg  $a^{\mu_1} = a_1$  egységyökkel dolgozunk, akkor az így származott körösztrási szám-

testben  $A_1^{(1)}$  az alapesoport jellegét ölti fel; ez utóbbi tény azután feljogosít bennünket arra, hogy az  $A_1$  alapesoportra igazolt felbontást az  $A_1^{(1)}$  alsóbbrendű alapesoportra is kiterjesszük. Ha e célból  $A_1^{(1)}$  csoport discrimináns-csoportját  $D_1^{(1)}$  jelzéssel vezetjük be, akkor  $A_1^{(1)}$  felbontása

$$A_1^{(1)} = D_1^{(1)} A_1^{(2)}$$

képletben jelentkezik. Itt is az  $A_1^{(2)}$  sorozat

$$A_1^{(2)} = kN_1 + 1$$

formulából nyerhető

$$k = 0, 1, 2, \dots (p_1^{m_1-2} - 1)$$

helyettesítés révén, természetesen a  $p_1$ -gyel osztható számok kizárásával; az is említésre méltó, hogy  $A_1^{(2)}$  elemei az  $\alpha^{p_1^2} = \alpha_2$  egységgyök számtestében alapesoportot alkotnak.

A fenti felbontás ismételt alkalmazásával a következő összefüggéseket írhatjuk:

$$\begin{aligned} A_1 &= D_1 A_1^{(1)}, \\ A_1^{(1)} &= D_1^{(1)} A_1^{(2)}, \\ A_1^{(2)} &= D_1^{(2)} A_1^{(3)}, \\ &\vdots \\ A_1^{(m_1-3)} &= D_1^{(m_1-3)} A_1^{(m_1-2)}, \\ A_1^{(m_1-2)} &= D_1^{(m_1-2)} A_1^{(m_1-1)} = D_1^{(m_1-2)} D_1^{(m_1-1)}; \end{aligned}$$

hiszen  $A_1^{(m_1-1)} = D_1^{(m_1-1)}$ , ugyanis mindegyik csoport  $kN_1 + 1$  alakból ered

$$k = 0, 1, 2, \dots (p_1 - 1)$$

helyettesítés útján. Ezekből  $A_1$  alapesoport számára a végleges felbontást

$$A_1 = D_1 D_1^{(1)} D_1^{(2)} \dots D_1^{(m_1-2)} D_1^{(m_1-1)} \quad (2)$$

alakban nyerjük. A jobboldalon álló  $D_1^{(i)}$  csoportok mind discrimináns-csoportok, természetesen más és másfokú egységgyök számtestében; például a  $D_1^{(i)}$  csoport az  $\frac{n}{p_1^i}$ -ed fokú egységgyöknek  $\alpha^{p_1^i} = \alpha_i$ -nek számtestében lép föl mint discrimináns-csoport.

Hasonló megállapítást eszközölhetnénk bármely alaps csoport felbontására; például

$$A_i = D_i D_i^{(1)} D_i^{(2)} \dots D_i^{(m_i-1)}.$$

## II.

1. Minthogy minden csoport egy-egy periodust állapít meg, önként adódik a kérdés, hogy a csoportok között észlelt kapcsolat a csoportoktól vezérelt periodusokon is jelentkezik-e megfelelő vonatkozásban. Vegyük szemügyre e célból az  $R_1$  és  $R_2$  csoportokhoz tartozó periodusokat; ha ismét elfogadjuk az  $n = n_1 n_2 N$  felbontást a már ismert feltételekkel és az

$$R_1 = kn_2 N + 1, \quad R_2 = ln_1 N + 1$$

csoportokhoz megkeressük a periodusokat, akkor az  $R_1$ -nek megfelelő periodus

$$\eta_1 = \sum_{k=0}^{n_1-1} \alpha^{kn_2 N+1},$$

az  $R_2$ -höz tartozó periodus pedig

$$\eta_2 = \sum_{l=0}^{n_2-1} \alpha^{ln_1 N+1};$$

e két periodus szorzata

$$\eta_1 \eta_2 = \sum_{k=0}^{n_1-1} \alpha^{kn_2 N+1} \cdot \sum_{l=0}^{n_2-1} \alpha^{ln_1 N+1} = \alpha \sum_{k=0}^{n_1-1} \sum_{l=0}^{n_2-1} \alpha^{kn_2 N+ln_1 N+1}. \quad (a)$$

Most még meg kell vizsgálnunk az  $R_1$  és  $R_2$  csoportok összetételéből (szorzásából) eredő csoportot; minthogy

$$(kn_2 N + 1)(ln_1 N + 1) \equiv kn_2 N + ln_1 N + 1 \pmod{n},$$

azért az eredő csoport

$$R = kn_2 N + ln_1 N + 1$$

alakból állítható elő, ha  $k$  és  $l$  a már ismert értékeken halad végig, természetesen lemarad minden oly tag, mely  $n_1$ -hez vagy

$n_2$ -höz nem viszonylagos törzsszám. Ez alapon az  $R$  csoport-hoz tartozó periodust  $\gamma$ -vel jelezve:

$$\gamma = \sum_{k=0}^{n_1-1} \sum_{l=0}^{n_2-1} a^{kn_2N+ln_1N+1}; \quad (\beta)$$

az (a) és (β) alatt nyert eredmények végül az

$$\gamma = a^{-1} \gamma_1 \gamma_2 \quad (\beta)$$

képletben jutnak kifejezésre.

Csak az imént láttuk, hogy  $R$  eredő csoport kifejtése

$$R = (kn_2 + ln_1)N + 1$$

alakból két változó és helyettesítés útján történik:

$$k = 0, 1, 2, \dots (n_1-1), \quad l = 0, 1, 2, \dots (n_2-1);$$

ez megfelel  $n_1 n_2$  számú helyettesítésnek; minthogy ezek a helyettesítések  $n_1 n_2$  modulus után  $n_1 n_2$  számú különböző maradékot adnak, azért  $R$  csoport kifejtése

$$R = m \cdot N + 1$$

alak szerint is történhetik, ha

$$m = 0, 1, 2, \dots (n_1 n_2 - 1).$$

Hogy pedig  $(kn_2 + ln_1)$  kifejezés az említett helyettesítések útján  $n_1 n_2$  modulusra vonatkozólag nem adhat kongruens értékeket, azt világosan mutatja

$$k_1 n_2 + l_1 n_1 \equiv k_2 n_2 + l_2 n_1 \pmod{n_1 n_2}$$

kongruenciának

$$(k_1 - k_2) n_2 \equiv (l_2 - l_1) n_1 \pmod{n_1 n_2}$$

alakba való átírása, mely utóbbi nyilván lehetetlen. Az imént mondottakból végső eredmény gyanánt a következőt szögezzük le: ha az eddigi értelmezés szerint  $R_1$  és  $R_2$  csoportokat

$$R_1 = kn_2 N + 1 \quad \text{és} \quad R_2 = ln_1 N + 1$$

formulákkal adjuk, akkor a két csoport szorzata

$$R = mN + 1$$

alakban jelentkezik, ahol  $k$ ,  $l$  és  $m$  változókra

$$k = 0, 1, 2, \dots (n_1 - 1), \quad l = 0, 1, 2, \dots (n_2 - 1), \\ m = 0, 1, 2, \dots (n_1 n_2 - 1)$$

helyettesítéseket kell alkalmazni; az  $e$  csoportokhoz tartozó periodusokra pedig áll a (3) alatt közölt formula:

$$\eta = \alpha^{-1} \eta_1 \eta_2.$$

A (3) alatt nyert formula elégséges ahhoz, hogy az alapszoportokhoz tartozó periodusok törvényét kikutassuk; alkalmazzuk e célból a (3) formulát a már ismert alapszoportokra. Legyen először

$$n_1 = p_1^{m_1}, \quad n_2 = p_2^{m_2} p_3^{m_3} \dots p_s^{m_s}, \quad N = 1;$$

ez esetben  $R$  csoport kimeríti a számtest helyettesítő csoportját:

$$R = mN + 1 = m + 1, \quad m = 0, 1, 2, \dots (n - 1);$$

ugyanekkor az  $R_1$  csoport  $A_1$  alapszoportba megy át:

$$R_1 = A_1 = kn_2 N + 1, \quad k = 0, 1, 2, \dots (n_1 - 1);$$

míg az  $R_2$  csoport

$$R_2 = ln_1 N + 1$$

alakból adódik

$$l = 0, 1, 2, \dots \left( \frac{n}{p_1^{m_1}} - 1 \right)$$

helyettesítés révén. Az  $R$  csoportba tartozó periodus, mely az összes periodusok között a legbővebb terjedelmű és így legcélszerűbben főperiodusnak nevezhető, tartalmazza az összes  $n$ -edik primitív egységgyököt; jelzése legyen most is  $\eta$ ; az  $A_1$ -től vezérelt alapperiodus maradjon a régi jelzés szerint  $\eta_1$ , míg az  $R_2$  csoportnak megfelelő periodus legyen  $\eta^{(1)}$ ; ezek figyelembevétele mellett

$$\eta = \alpha^{-1} \eta_1 \eta^{(1)}.$$





2. Láttuk az alapsoportoknak discrimináns-csoportokra való bontását; ezzel párhuzamos probléma az alapperiodusoknak discrimináns—periodusokkal való kifejtése. Induljunk ki a már ismert felbontásokból:

$$n = p_1^{m_1} N_1 = p_1 \cdot N'_1,$$

ahol tehát

$$N'_1 = p_1^{m_1-1} N_1;$$

$A_1$  alapsoportnak discrimináns-csoportja  $D_1$ , melyet

$$D_1 = h_1 \cdot N'_1 + 1$$

alakból fejthetünk ki

$$h_1 = 0, 1, 2, \dots (p_1 - 1)$$

értékek útján. A  $D_1$ -nek megfelelő discrimináns-periodus jelzése  $\partial_1$ , értéke pedig

$$\partial_1 = \sum_{h_1=0}^{p_1-1} a^{h_1 \cdot N'_1 + 1} = a + a^{N'_1+1} + a^{2N'_1+1} + \dots + a^{(p_1-1)N'_1+1};$$

világos tehát, hogy

$$\partial_1 = \frac{a(a^n - 1)}{a^{N'_1} - 1}. \quad (\gamma)$$

Az alapperiodusnak a discrimináns-periodushoz való viszonyát csak akkor tudjuk megállapítani, ha ismerjük az alapperiodus értékét is; erre feleletet ad

$$\eta_1 = \sum_{k=0}^{p_1^{m_1}-1} a^{k \cdot N_1 + 1}$$

összeg; természetesen ez összegből le kell számítani azokat a tagokat, amelyekben a kitevő  $p_1$ -gyel osztható. E célból a

$$k = 0, 1, 2, \dots (p_1^{m_1} - 1)$$

helyettesítéseket szakaszonként végezzük és itt azt látjuk, hogy  $p_1^{m_1-1}$  szakaszban tudjuk a helyettesítéseket kimeríteni. Az első szakaszt

$$k = 0, 1, 2, \dots (p_1 - 1),$$

helyettesítés jelzi; ezen határon belül lesz  $k$  számára egyetlen oly  $\mu_1$  érték, hogy

$$\mu_1 \cdot N_1 + 1 = \nu_1 p_1.$$

A helyettesítések második szakaszát

$$k = p_1, p_1 + 1, \dots (2p_1 - 1)$$

értékek szabják meg; itt ismét csak egy érték adható  $k$  számára oly módon, hogy a származott szám  $p_1$ -gyel osztható legyen, mégpedig

$$(p_1 + \mu_1) N_1 + 1 = (N_1 + \nu_1) p_1$$

alakban. A harmadik szakasz

$$k = 2p_1, 2p_1 + 1, \dots 3p_1 - 1$$

helyettesítéshez fűződik; az itt fellépő  $p_1$ -gyel osztható szám alakja

$$(2p_1 + \mu_1) N_1 + 1 = (2N_1 + \nu_1) p_1.$$

Minden szakasz szolgáltat egy-egy ily számot; az utolsó szakaszból nyerhető és  $p_1$ -gyel osztható számot

$$[(p_1^{m_1-1} \dots 1) N_1 + \nu_1] p_1$$

alak jelzi.

Hogy minden szakaszhoz csak egy  $p_1$ -gyel osztható szám fűződik, azt röviden így okoljuk meg: minthogy

$$\lambda p_1^a, \lambda p_1^a + 1, \lambda p_1^a + 2, \dots \lambda p_1^a + p - 1$$

számsorozat  $p_1$  modulus összes maradékait, mégpedig mindegyiket csak egyszer adja, ugyanezeket a maradékokat fogja szolgáltatni a

$$\lambda p_1^a N_1, (\lambda p_1^a + 1) N_1, (\lambda p_1^a + 2) N_1, \dots (\lambda p_1^a + p - 1) N_1$$

sorozat is; e szerint ezek között csak egy oly szám van, amely  $-1$ -gyel kongruens  $p_1$  modulus szerint; ha ez a szám

$$(\lambda p_1^a + \mu_1) N_1,$$

akkor

$$(\lambda p_1^a + \mu_1) N_1 + 1 \equiv 0 \pmod{p_1}$$

kongruencia már jelzi az egyetlen megoldást az illető szakaszban.

Most már hozzáfoghatunk  $\gamma_1$  alapperiodus értékének kifejtéséhez:

$$\eta_1 = [\alpha + \alpha^{N_1+1} + \alpha^{2N_1+1} + \dots + \alpha^{(p_1^{m_1}-1)N_1+1}] - \\ - [\alpha^{v_1 p_1} + \alpha^{(N_1+v_1)p_1} + \alpha^{(2N_1+v_1)p_1} + \dots + \alpha^{[(p_1^{m_1}-1)N_1+v_1]p_1}];$$

ebből  $\eta_1$  végleges értéke

$$\eta_1 = \frac{\alpha(\alpha^n-1)}{\alpha^{N_1}-1} - \frac{\alpha^{v_1 p_1}(\alpha^n-1)}{\alpha^{N_1 p_1}-1}. \quad (\delta)$$

A továbbiakban való tájékoztatásul felírjuk  $A_1$  alapsoportra vonatkozó jól ismert képletünket:

$$A_1 = D_1 A_1^{(1)};$$

itt még az  $A_1^{(1)}$  csoportnak megfelelő periodusról kell számot adnunk; ámde  $A_1^{(1)}$  szintén alapsoport, mint  $A_1$ , de nem az  $n$ -edik, hanem az  $N_1$ -dik egységgyökös számtestben. Akkor tehát  $\eta_1$  mintájára már készen is áll az  $A_1^{(1)}$ -től vezérelt alapperiodus képletes értéke:

$$\eta_1^{(1)} = \frac{\alpha(\alpha^{N_1}-1)}{\alpha^{N_1}-1} - \frac{\alpha^{v_1 p_1}(\alpha^{N_1}-1)}{\alpha^{N_1 p_1}-1}. \quad (\epsilon)$$

A  $(\gamma)$ ,  $(\delta)$  és  $(\epsilon)$  alapján most már a következő összefüggés állapítható meg:

$$\frac{\eta_1}{\eta_1^{(1)}} = \frac{\alpha^n-1}{\alpha^{N_1}-1} = \alpha^{-1} \delta_1;$$

ebből pedig

$$\eta_1 = \alpha^{-1} \delta_1 \eta_1^{(1)}. \quad (5)$$

A fenti formulában oly törvényszerűséget nyertünk, amely alacsonyabbfokú körosztási számtestre is alkalmazható; az egységgyök foka szerint az (5) képlet a következő sorozatra bomlik:

$$\begin{aligned} 1. \quad n, \quad \eta_1 &= \alpha^{-1} \delta_1 \eta_1^{(1)}, \\ 2. \quad \frac{n}{p_1}, \quad \eta_1^{(1)} &= \alpha^{-1} \delta_1^{(1)} \eta_1^{(2)}, \\ 3. \quad \frac{n}{p_1^2}, \quad \eta_1^{(2)} &= \alpha^{-1} \delta_1^{(2)} \eta_1^{(3)}, \\ &\vdots \\ (m_1-2). \quad \frac{n}{p_1^{m_1-3}}, \quad \eta_1^{(m_1-3)} &= \alpha^{-1} \delta_1^{(m_1-3)} \eta_1^{(m_1-2)}, \\ (m_1-1). \quad \frac{n}{p_1^{m_1-2}}, \quad \eta_1^{(m_1-2)} &= \alpha^{-1} \delta_1^{(m_1-2)} \eta_1^{(m_1-1)} = \alpha^{-1} \delta_1^{(m_1-2)} \delta_1^{(m_1-1)}; \end{aligned}$$

$\gamma_1^{(m_1-1)}$  helyett  $\delta_1^{(m_1-1)}$ -et írhattunk, mert a nekik megfelelő csoportok azonosak:

$$A_1^{(m_1-1)} = D_1^{(m_1-1)}.$$

A felírt összefüggések sorozata

$$\gamma_1 = \alpha_1^{-(m_1-1)} \delta_1 \delta_1^{(1)} \delta_1^{(2)} \dots \delta_1^{(m_1-3)} \delta_1^{(m_1-2)} \delta_1^{(m_1-1)} \quad (6)$$

végző alakban fejezi ki az alapperiodusnak discrimináns-periodusokra való felbontását.

Ugyanígy történik bármelyik alapperiodusnak, például  $\gamma_i$ -nek is a felbontása:

$$\gamma_i = \alpha_i^{-(m_i-1)} \delta_i \delta_i^{(1)} \delta_i^{(2)} \dots \delta_i^{(m_i-2)} \delta_i^{(m_i-1)}.$$

Ha itt is egymás mellé állítjuk az alapcsoportok és alapperiodusok felbontását:

$$\begin{aligned} A_1 &= D_1 D_1^{(1)} D_1^{(2)} \dots D_1^{(m_1-1)}, \\ \gamma_1 &= \alpha^{-(m_1-1)} \delta_1 \delta_1^{(1)} \delta_1^{(2)} \dots \delta_1^{(m_1-1)}, \end{aligned}$$

rögtön feltűnik a két formulának teljes analógiája.

A  $(\gamma)$  és  $(\delta)$  alatt jelzett képletekből:

$$\delta_1 = \frac{\alpha(\alpha^n - 1)}{\alpha^{N_1} - 1} \quad \text{és} \quad \gamma_1 = \frac{\alpha(\alpha^n - 1)}{\alpha^{N_1} - 1} - \frac{\alpha^{r_1 p_1} (\alpha^n - 1)}{\alpha^{N_1 p_1} - 1},$$

azonnal lehet látni, hogy az  $n$ -edik egységgyök számtestében  $\delta_1$  és  $\gamma_1$  értéke általában véve 0, hiszen  $(\alpha^n - 1) = 0$ . Figyelnünk kell azonban arra a körülményre, hogy  $m_1 > 1$  esettel dolgoztunk; ha tehát áttérünk arra a kivételes esetre, amikor  $m_1 = 1$ , vagyis, mikor  $n = p_1 N_1$ , akkor egyrészt  $\delta_1$  képlete ez esetre nem érvényes, másrészt  $\gamma_1$  értéke is változást szenved; ekkor ugyanis

$$\gamma_1 = \frac{\alpha(\alpha^n - 1)}{\alpha^{N_1} - 1} - \alpha^{r_1 p_1};$$

innen  $\gamma_1$  értéke lényegében

$$\gamma_1 = (-1) \alpha^{r_1 p_1} \quad (7)$$

alakot vesz föl. Mivel pedig e kivételes esetben  $\delta_1 = \gamma_1$ , azért  $\delta_1$ -re is áll

$$\delta_1 = \frac{\alpha(\alpha^n - 1)}{\alpha^{N_1} - 1} - \alpha^{r_1 p_1} = (-1) \alpha^{r_1 p_1}.$$

Mint látható, csakis ebben a kivételes esetben nem lehet 0 sem  $\eta_1$ , sem  $\partial_1$ .

Ez utóbbi kivételes eset kiszélesítése az, mikor

$$\begin{aligned} n &= p_1 p_2 \dots p_s. \\ \text{Minthogy} \quad \eta &= \alpha^{-(s-1)} \eta_1 \eta_2 \dots \eta_s, \\ \text{azért} \quad \eta &= \alpha^{-(s-1)} (-1)^s \alpha^{\nu_1 p_1} \alpha^{\nu_2 p_2} \dots \alpha^{\nu_s p_s}; \\ \text{másképpen} \quad \eta &= (-1)^s \alpha^{\nu_1 p_1 + \nu_2 p_2 + \dots + \nu_s p_s - s + 1}. \end{aligned} \quad (8)$$

Természetesen az itt szereplő  $\nu_i p_i$  mennyiségeknek éppen oly származása van, mint  $\nu_1 p_1$ -nek; különben is hangsúlyoznunk kell, hogy  $\eta$  értéke

$$\eta = (-1)^s \quad (9)$$

végleges alakra egyszerűsül.

Hivatkozunk e célból H. WEBER: Lehrbuch der Algebra II. Bd. 1899. c. m. 86. lapján található

$$\eta = (-1)^{\alpha^{(1)}} \sum \alpha^{\nu_1 p_1 \alpha^{(1)}} \quad (\eta)$$

összefüggésre, amelyben  $\alpha^{(1)}$  végigfutja  $A^{(1)}$  csoport elemeit, ahol

$$A^{(1)} = A_2 A_3 \dots A_s,$$

vagyis  $A^{(1)}$  a fenti  $(s-1)$  alapsorozat összetételéből (szorzásából) ered. Jelöljük  $\alpha^{\nu_1 p_1}$ -et röviden  $\alpha_1$ -gyel, akkor

$$\eta = (-1)^{\alpha^{(1)}} \sum \alpha_1^{\alpha^{(1)}};$$

alkalmazzuk most az  $\frac{n}{p_1}$ -edik egységgyökre,  $\alpha_1$ -re az  $(\eta)$  alatt levő formulát:

$$\sum \alpha_1^{\alpha^{(1)}} = (-1)^{\alpha^{(2)}} \sum \alpha_1^{\nu_1 p_1 \alpha^{(2)}} = (-1)^{\alpha^{(2)}} \sum \alpha_2^{\alpha^{(2)}};$$

itt  $\alpha_1^{\nu_1 p_1}$  helyett röviden  $\alpha_2$ -t írtunk, és  $\alpha^{(2)}$  végigmegy

$$A^{(2)} = A_3 A_4 \dots A_s$$

csoport elemein. Az  $\frac{n}{p_1 p_2}$ -dik egységgyökre,  $\alpha_2$ -re is alkalmazásba vesszük az  $(\eta)$  képletet:

$$\sum \alpha_2^{a^{(2)}} = (-1) \sum \alpha_2^{p_s a^{(s)}} = (-1) \sum \alpha_3^{a^{(3)}}.$$

Állítsuk össze röviden következtetéseink teljes sorozatát az egységgyökök **foka** szerint:

$$\begin{array}{ll} 1. & n, \quad \eta = (-1) \sum \alpha_1^{A^{(1)}}, \\ 2. & \frac{n}{p_1}, \quad \sum \alpha_1^{A^{(1)}} = (-1) \sum \alpha_2^{A^{(2)}}, \\ 3. & \frac{n}{p_1 p_2}, \quad \sum \alpha_2^{A^{(2)}} = (-1) \sum \alpha_3^{A^{(3)}}, \\ & \vdots \\ (s-1). & \frac{n}{p_1 p_2 \dots p_{s-2}}, \quad \sum \alpha_{s-2}^{A^{(s-2)}} = (-1) \sum \alpha_{s-1}^{A^{(s-1)}}, \\ s. & \frac{n}{p_1 p_2 \dots p_{s-1}}, \quad \sum \alpha_{s-1}^{A^{(s-1)}} = (-1); \end{array}$$

• e sorozat magában foglalja

$$\eta = (-1)^s$$

megokolását.

A (8) és (9) formula összevetése viszont

$$\nu_1 p_1 + \nu_2 p_2 + \dots + \nu_s p_s \equiv (s-1) \pmod{n}$$

kongruenciára vezet.

A (9) képlet alapján hangsúlyozhatjuk tehát, hogy valahányszor

$$n = p_1 p_2 \dots p_s,$$

mindannyiszor  $\eta$  főperiodus nem lehet 0. Ebből az is következik, hogy a számtestben semmiféle periodus nem lehet 0; mert ha például  $H_1$  periodus 0 volna, akkor az összes konjugáltjai is eltűnnének és így

$$\sum_{k=1}^s H_k = \eta = 0$$

ellenmondásba keverednénk.

Az eddig mondottakkal tulajdonképpeni feladatunkat megoldottuk; megvilágítottuk egyrészt a körosztási számtesten belül fellépő csoportok szerkezetét, másrészt áttekintő bepillantást nyújtottunk e csoportokhoz tartozó periodusok összefüggésére. Észrevehettük, hogy teljes az analógia egyrészt a számtest helyettesítő csoportjának alapszoportokra való bontása, másrészt a főperiodusnak alapperiodusokra való szétesése között. Láttuk a meglepő párhuzamosságot egyrészt valamely alapszoportnak discrimináns-csoportokkal való helyettesítése, másrészt az idevonatkozó alapperiodusnak discrimináns-periodusokkal való kifejezése között. Ezek a kapcsolatok új, szélesebb alapot szolgáltatnak a FUCHS-féle kérdés teljesen kimerítő megoldásához, másrészt remélhető, hogy a körosztási számtestek körében sok szempont kerül ez úton új megvilágításba és sok kérdésre találunk majd egyszerűbb és találóbb megoldást.

---

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1929 január 14.-én tartott üléséből.)

# DIE KONSTRUKTION DER GRUPPEN UND PERIODEN IN DEN KREISKÖRPERN.

Von NIKOLAUS TIHANYI.

Die Gruppen, welche in Kreiskörpern auftreten, und die zu den Gruppen gehörenden Perioden weisen den gleichen Aufbau mit dem Grade der Einheitswurzel auf; wenn nämlich der Grad der Einheitswurzel  $\alpha = e^{\frac{2\pi i}{n}}$

$$n = p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_s^{m_s}$$

ist, so erscheint die Substitutionsgruppe des Kreiskörpers in der Gestalt

$$A = A_1 A_2 \dots A_s;$$

hier nennen wir die Gruppen  $A_1, A_2, \dots, A_s$  die Grundruppen des Kreiskörpers, und zum Beispiel  $A_i$  entwickelt sich aus der Form

$$A_i = kN_i + 1$$

mit Hilfe der Substitution

$$k = 0, 1, 2, \dots, (n_i - 1).$$

Es ist hier zu bemerken, dass einerseits

$$n_i = p_i^{m_i} \quad \text{und} \quad N_i = \frac{n}{p_i^{m_i}},$$

andererseits können die mit  $p_i$  teilbaren Zahlen in der Gruppe  $A_i$  nicht vorkommen.

Insofern wir das Zeichen

$$n = p_i N_i'$$



gebrauchen und die Bedingung  $m_i > 1$  gestatten, nennen wir die Elemente von der Gestalt

$$D_i = lN_i' + 1$$

discriminierende Gruppe, und zwar  $D_i$  ist die discriminierende Gruppe der Grundgruppe  $A_i$ ; die Elemente der Gruppe  $D_i$  entstehen mit Hilfe der Substitution

$$l = 0, 1, 2, \dots (p_i - 1).$$

Man kann nun bestimmen, dass die Grundgruppe  $A_i$  in  $m_i$  discriminierende Gruppen nach der Form

$$A_i = D_i D_i^{(1)} D_i^{(2)} \dots D_i^{(m_i-1)}$$

zerlegt werden kann. Hier ist  $D_i^{(l)}$  eine solche discriminierende Gruppe, die zum Kreiskörper der Einheitswurzel

$$\alpha_l = \alpha^{p_i^l}$$

gehört.

Die Periode, die zur Substitutionsgruppe  $A$  gehört, nennen wir Hauptperiode und bezeichnen wir sie mit  $\eta$ . Den Zusammenhang der Hauptperiode mit den Grundperioden macht die Formel

$$\eta = \alpha^{-(s-1)} \eta_1 \eta_2 \dots \eta_s$$

klar. Die hier auftretenden Grundperioden  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_s$  gehören zu den Grundgruppen  $A_1, A_2, \dots, A_s$ .

Jede Grundperiode können wir durch discriminierende Perioden ausdrücken:

$$\eta_i = \alpha^{-(m_i-1)} \delta_i \delta_i^{(1)} \delta_i^{(2)} \dots \delta_i^{(m_i-1)}.$$

Jede discriminierende Periode entspricht einer discriminierenden Gruppe, zum Beispiel  $\delta_i^{(l)}$  gehört zur der Gruppe  $D_i^{(l)}$ .

# TOPOLOGIAI VIZSGÁLATOK A GÖMBÖN FEKVŐ ZÁRT GÖRBÉKEN.

SZ. NAGY GYULÁ-TÓL.

## 1. Bevezetés.

Olyan zárt és irányított görbéket fogunk vizsgálni a gömbön, amelyeknek egyszerű kettőspontokon kívül más többszörös pontjuk nincs és amelyeknek metszéspontjai a kettőspontoktól különböznek. Vizsgálataink érvényesek bármely gömbtípusú vagy egyszeresen összefüggő felületen fekvő, hasonló tulajdonságú görbékre is.

Az egy vagy két irányított zárt görbén fekvő  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  íveket, amelyeknek a felvett irányítás mellett  $A_1$ , illetőleg  $B_1$  a kezdőpontjuk és  $A_2$ , illetőleg  $B_2$  a végpontjuk, akkor mondjuk *kapcsolható íveknek*, ha van olyan  $T$  egyszeresen összefüggő terület a gömbön, amelynek  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  határive, e két íven kívül azonban nincs más közös pontja a gömbön felvett görbékkel. Az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  kapcsolható ívek irányítása egyező vagy ellentétes a szerint, amint a  $T$  terület határán ugyanazt az irányítást határozzák meg, illetőleg ellenkező irányítást mutatnak.

Ha  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  ívek kapcsolható ívek, akkor van a  $T$  területen olyan  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ív, amelyek egymást nem metszik vagy csak egy pontban metszik. *Kapocs alkalmazása* az az eljárás, amelynél az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  kapcsolható íveket kihagyjuk és az így kapott két nyitott és irányított görbét az  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívekkel zárt és irányított görbébe vagy görbékbe egyesítjük. A kapocs *első-* vagy *másodfajú* a szerint, amint az  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívek nem metszik, illetőleg metszik egymást. Ha a

második esetben  $P$  a metszéspon, akkor  $P$  a másodfajú kapocs kettőspontja.

Ebben a dolgozatban vizsgáljuk a kétféle kapocs alkalmazhatóságát és hatását a gömbön fekvő görbékre. Több irányított zárt görbének kétféle színnel való színezése alapján a görbéket felbontjuk egymást nem metsző egyszínű, egyszerűen zárt görbékre, ciklusokra. Megállapítjuk a ciklusok meg a kettőspontok és metszésponok együttes száma között fönnálló összefüggéseket. Kapcsok és átmetszések által, amely utóbbiak másodfajú kapcsok inverzei, a gömbön fekvő irányított zárt görbéket alakítjuk speciális görbékbe. Több irányított zárt görbékől álló görberendszerre tetszésszerint alkalmazva kapcsokat a kapcsok által összekötött íveknek az egyes görbéken való sorrendjéből következtetést vonunk azoknak a görbéknek számára, amelyekből a kapcsok alkalmazása után kapott görberendszer áll, továbbá arra, hogy ennek a görberendszernek egy kettőspontja melyik görbéjének lesz kettőspontja vagy melyik két görbéjének lesz metszésponja. Végül megállapítjuk annak feltételeit, hogy egy három ciklusra szétbontható irányított görberendszer egy, két, avagy három görbéből áll, háromnál több görbéből ugyanis nem állhat.

## 2. Kapcsolható ívek és a kétféle kapocs.

Fölveszünk a gömb egy vagy két irányított görbéjén két egymást nem metsző elegendő kicsiny  $A_1, A_2$ , illetőleg  $B_1, B_2$  ívet, amelyeknek kezdőpontja a görbe vagy görbék felvett irányítása mellett  $A_1$ , illetőleg  $B_1$ , végpontja pedig  $A_2$ , illetőleg  $B_2$ . E két ív akkor *kapcsolható ív*, ha van olyan  $T$  egyszeresen összefüggő terület a gömbön, amelynek az  $A_1, A_2$  és  $B_1, B_2$  ívek határivei, és ha ezeken kívül a  $T$  területnek nincs más közös pontja a gömbön fölvevett görbékkel.

Az  $A_1, A_2$  és  $B_1, B_2$  *kapcsolható ívek irányítása egyező* vagy *ellenkező* a szerint, amint a  $T$  terület  $C$  határán ugyanazt az irányítást határozzák meg, illetőleg ellenkező irányítást mutatnak. Ha tehát  $A_1, A_2$  és  $B_1, B_2$  egyező, illetőleg ellenkező irányítású kapcsolható ívek, a  $C$  egyszerűen zárt görbén az  $A_1, A_2$  és  $B_1, A_2$  pontpárok nem választják szét, illetőleg szétválasztják

egymást. Ha tehát  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  egyező irányítású kapcsolható ívek, akkor lehet a  $T$  területen olyan önmagukat nem metsző  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  íveket rajzolni, amelyek egymást sem metszik. Ha ellenben  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  ellenkező irányítású kapcsolható ívek, akkor lehet a  $T$  területen olyan  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  egyszerű íveket rajzolni, amelyek egymást egy pontban metszik, de nem lehet olyanokat, amelyek egymást nem metszik.

Ha  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  kapcsolható ívek és az  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  a  $T$  területen fekvő  $A_1$ , illetőleg  $B_1$  kezdőponttal bíró (irányított) olyan egyszerű íveket jelentenek, amelyek legfeljebb egy pontban metszik egymást, akkor a kapocs alkalmazása az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  íveknek (egy vagy két görbén való) kihagyásából és helyettük az  $A_1B_2$  és  $A_2B_1$  irányított ívek bekapcsolásából áll. A kapocs első, illetőleg másodfajú a szerint, amint az  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívek nem metszik, illetőleg metszik egymást.

A kapocs mostani értelmezése mellett a görbén vagy a két görbén először kihagyjuk az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  íveket, azután pedig hozzákapcsoljuk a kapott két nyitott görbéhez az  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  irányított íveket. Ugyanehhez az eredményhez nyilvánképpen úgyis eljuthatunk, ha az  $A_2$  és  $B_2$  pontban a görbét vagy a görbék felvágjuk, azután a  $T$  területen folytonos deformációval az  $A_1A_2$  ívet  $A_1B_2$ -be, a  $B_1B_2$  ívet pedig  $B_1A_2$ -be átvisszük és végül az  $A_2$  és  $B_2$  pontban összeérő két-két végpontot összeforrasztjuk.

### 3. Kapocs alkalmazása egy és két görbére.

Kimutatjuk a következő tételt:

I. *Egy zárt és irányított  $G$  gömbi görbét bármely kapocs két zárt és irányított görbébe alakít át. A  $G$  görbének bármely kettőspontja a két görbe valamelyikének vagy kettőspontja vagy pedig a két görbének metszéspontja. Másodfajú kapocs esetén a kapocs kettőspontja is metszéspontja a két görbének.*

Ha  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  a  $G$  görbének két kapcsolható íve, akkor a  $G$  görbe  $A_1A_2$ ,  $A_2B_1$ ,  $B_1B_2$  és  $B_2A_1$  irányított nyitott görbék, ívekből áll (amelyeknek első pontjai a kezdő és második pontjai a végpontok). Ez a négy ív a kapocs alkalmazása után az

$$A_1B_2, A_2B_1, B_1A_2, B_2A_1$$

irányított ívekbe megy át, amelyek közül az  $A_1B_2$  és  $B_2A_1$  ívek egy zárt és irányított  $G_1$ , a  $B_1A_2$  és  $A_2B_1$  ívek pedig egy zárt és irányított  $G_2$  görbét alkotnak.

Ha a kapocs másodfajú, akkor annak kettőspontja a  $G_1$  és  $G_2$  görbék metszéspontja, mert az  $A_1B_2$  ív a  $G_1$ , a  $B_1A_2$  pedig a  $G_2$  görbéhez tartozik.

Ezzel az I. tétel be van bizonyítva.

Két görbére a következő tétel mondható ki:

II. Ha a  $G_1$ , illetőleg  $G_2$  irányított görbének  $m_1$ , illetőleg  $m_2$  kettőspontja és a két görbének  $m$  metszéspontja van, akkor egy olyan első vagy másodfajú kapocs, amely a két görbét összeköti, a két görbét egy  $m_1+m_2+m$ , illetőleg  $m_1+m_2+m+1$  kettősponttal bíró irányított görbébe egyesíti.

Ha ugyanis  $A_1A_2$  a  $G_1$ ,  $B_1B_2$  a  $G_2$  görbén fekvő kapcsolható ívek, akkor a  $G_1$ , illetőleg  $G_2$  görbék az

$$A_1A_2 \text{ és } A_2A_1, \text{ illetőleg } B_1B_2 \text{ és } B_2B_1$$

irányított ívekből állanak. Ezt a négy ívet az alkalmazott kapocs az

$$A_1B_2, A_2A_1, B_1A_2, B_2B_1$$

irányított ívekbe viszi át, amelyek az

$$A_1B_2, B_2B_1, B_1A_2, A_2A_1$$

sorrendben zárt görbét alkotnak.

#### 4. A kapcsolt ívek és a görbe színezése.

Egy  $n$  kettősponttal bíró  $G$  gömbi görbe a gömböt  $n+2$  egyszeresen összefüggő tartományra bontja. A kapcsolt ívek értelmezéséből nyilvánvaló, hogy a  $G$  görbének olyan két egyszerű (kettőspontot nem tartalmazó és kettősponton keresztül nem menő) íve, amely egy tartomány határához tartozik, kapcsolható ív; olyan két egyszerű ív pedig, amely nem tartozik egy tartomány határához, nem kapcsolt ív.

Egy  $n$  kettősponttal bíró irányított  $G$  zárt gömbi görbe

kettőspontjai a görbét  $2n$  vonalra bontják. A  $2n$  vonalat lehet tehát két színnel úgy befesteni, hogy a görbén egymásra következő két-két vonal különböző színű legyen.

A kapcsolható ívek irányítása és színe között a következő összefüggés mutatható ki:

III. *Egy  $G$  gömbi görbén két kapcsolható ív egyenlő vagy ellentétes irányítású a szerint, amint a két kapcsolható ív ugyanolyan, illetőleg különböző színű vonalon fekszik.*

Ha  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  a  $G$  görbének két kapcsolható íve, akkor a görbe az  $A_1A_2$ ,  $A_2B_1$ ,  $B_1B_2$  és  $B_2A_1$  irányított ívekből áll. A kapocs alkalmazása után kapott  $G_1$  és  $G_2$  görbék közül a  $G_1$  görbe az  $A_1B_2$  és  $B_2A_1$ , a  $G_2$  görbe pedig a  $B_1A_2$  és  $A_2B_1$  irányított ívekből áll.

A  $G_1$  és  $G_2$  zárt görbéknek párosszámú metszéspontjuk van a gömbön. A kapcsot alkotó  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  íveknek az  $A_1$  és  $B_2$ , illetőleg a  $B_1$  és  $A_2$  pontokon kívül nincs más közös pontjuk a  $G$  görbével, egymással pedig legfeljebb egy metszéspontjuk van. Ezekből következik, hogy az  $A_2B_1$  és  $B_2A_1$  nyitott görbéknek egymással páros- vagy páratlanszámú metszéspontjuk van a szerint, amint az alkalmazott kapocs első-, illetőleg másodfajú.

Ha az  $A_2B_1$  nyitott görbét irányítása mellett ( $A_2$ -ből kiindulva) leírjuk, akkor rajta annyiszor kell szint változtatni, ahányszor a  $G$  görbének valamelyik kettőspontján keresztülhaladunk. Minthogy az  $A_2B_1$  nyitott görbe leírása közben a nyitott görbe mindegyik kettőspontján kétszer haladunk át, azért rajta a színváltozások száma páros, illetőleg páratlan a szerint, amint az  $A_2B_1$  és  $B_2A_1$  nyitott görbéknek páros, illetőleg páratlan metszéspontjuk van egymással, tehát a szerint, amint az alkalmazott kapocs első-, illetőleg másodfajú.

Ebből következik, hogy az  $A_2B_1$  nyitott görbén a kezdő és befejező vonal színe megegyezik, illetőleg különbözik a szerint, amint az alkalmazott kapocs első-, illetőleg másodfajú. Ugyanez áll az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  kapcsolható ívek színére is, mert ezek színe az  $A_2B_1$  nyitott görbe kezdő, illetőleg befejező vonalának színével egyezik, mert az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  ívek egy pontja sem kettőspontja a  $G$  görbének.

A III. tételből következik a következő tétel:

IV. *Egy gömbön fekvő görbén elsőfajú kapocs egyező, másodfajú kapocs különböző színű vonalakat köt össze.*

## 5. A kapcsolható ívek és a görbék színezése több görbe esetén.

Ha a gömbön egynél több irányított görbe fekszik, azok együttesen szintén felbontják a gömböt bizonyos számú tartományra, de ezek a tartományok nem kötelesek mind egyszeresen összefüggők lenni. Két kapcsolható ív ebben az esetben is ugyanazon tartomány határához köteles tartozni.

Egynél több irányított görbe esetén is fel lehet tüntetni színezéssel, hogy két kapcsolható ív egyező vagy ellenkező irányítású.

Ha ugyanis  $G_1, G_2, \dots, G_k$  a gömbön fekvő irányított görbék és ha a  $G_h$  ( $h=1, 2, \dots, k$ ) görbének  $n_h$  kettőspontja és a többi  $k-1$  görbével  $m_h$  metszéspontja van, akkor a  $G_h$  görbét kettős- és metszéspontjai  $2n_h + m_h$  vonalra bontják. Ez a szám páros, mert bármely két gömbi zárt görbe párosszámú pontban metszi egymást. A  $G_h$  görbén levő  $2n_h + m_h$  vonalat tehát be lehet két színnel úgy festeni, hogy a görbén egymásra következő két-két vonal színe különböző legyen.

Színezzük először a  $G_1$  görbe vonalait. Ha  $A_1A_2$ , illetőleg  $B_1B_2$  a  $G_1$ , illetőleg  $G_2$  görbén fekvő a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag kapcsolható ívek (amelyek tehát akkor is kapcsolható ívek, ha a  $G_1$  és  $G_2$  görbéken kívül a  $G_3, G_4, \dots, G_k$  görbe is fel van rajzolva a gömbre), akkor a  $B_1B_2$  ívet úgy színezzük, hogy színe megegyezze az  $A_1A_2$  ív színével, ha a két ív egyező irányítású, de különbözzék az  $A_1A_2$  ív színétől, ha a két ív ellenkező irányítású. A  $B_1B_2$  ívet tartalmazó vonal színezése után a főlvet két színnel a  $G_2$  görbe többi  $2n_2 + m_2 - 1$  vonala egyértelműleg színezzhető.

A kapcsolható ívek értelmezése alapján a  $G_1$  és  $G_2$  görbék az  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  kapcsolható ívekhez tartozó első- vagy másodfajú kapocssal össze lehet kötni egy  $G_{12}$  görbébe. Ennek a  $G_{12}$  görbének kettőspontjai a  $G_1$  és  $G_2$  görbék kettőspontjai

és egymással való metszéspontjai, végül másodfajú kapocs esetén ennek kettőspontja. A  $G_1$  és  $G_2$  görbék színezése a  $G_{12}$  görbe vonalait is helyesen színezi, mert egy elsőfajú kapocs egyszínű vonalakat köt össze, míg egy másodfajú kapocs kettőspontjában különböző színű vonalak egyesülnek.

A  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag egy olyan kapcsolható ívpárból kiindulva, amelyből az egyik ív a  $G_s$  görbén, a másik pedig a  $G_1$  és  $G_2$  görbék valamelyikén fekszik és amely a  $G_3$  és  $G_{12}$  görbékre is kapcsolható ívpár, a  $G_3$  görbe  $2n_3 + m_3$  vonala is egyértelműleg színezhető. Ehhez a kapcsolható ívpárhoz tartozik olyan kapocs, amely a  $G_{12}$  és  $G_3$  görbéket egy  $G_{123}$  görbébe egyesíti. Az egyesítés után a  $G_{123}$  görbe vonalai ugyanazon elv szerint vannak színezve, mint amelyik szerint a  $G_1$  görbe  $2n_1 + m_1$  vonalát színeztük.

Egy olyan a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag kapcsolható ívpár alapján, amelynek egyik íve a  $G_4$ , a másik pedig a  $G_1, G_2, G_3$  görbék valamelyikén úgy fekszik, hogy egyszersmind a  $G_{123}, G_4, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag is kapcsolható, a  $G_4$  görbe vonalai is egyértelműleg színezhetők. Ehhez a kapcsolható ívpárhoz tartozik olyan kapocs, amelynek az előbb alkalmazott két kapoccsal nincsen közös pontja és amely a  $G_{123}$  és  $G_4$  görbéket egy jól színezett vonalakkal bíró  $G_{1234}$  görbébe egyesíti.

Az eljárás folytatásával végül valamennyi görbén fekvő vonal határozott színt kap,  $k-1$  folytatólagos kapocs által pedig a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbék egy  $G_{12\dots k}$  görbébe egyesülnek.

Ilyen színezés mellett igaz a következő tétel:

V. Ha  $G_1, G_2, \dots, G_k$  a gömbön fekvő irányított görbék és ha a  $G_h$  ( $h=1, 2, \dots, k$ ) görbének  $n_h$  kettőspontja és a többi  $k-1$  görbével összesen  $m_h$  metszéspontja van, akkor a  $G_h$  görbét ezek a pontok  $2n_h + m_h$  vonalra bontják. A felvett  $h$  görbén fekvő vonalakat lehet két színnel úgy befesteni, hogy bármely görbén két-két egymásután következő vonal különböző színű legyen és hogy bármely két egyező irányítású kapcsolható ív egyező és bármely két ellenkező irányítású kapcsolható ív különböző színű legyen.

Ez a tétel igaz olyan kapcsolható ívpárokra, amelyek egy



görbén fekszenek. Ha ugyanis  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  a  $G_h$  görbén fekvő és a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag kapcsolható ívpár és ha a hozzátartozó kapoccsal a  $G_h$  görbe  $G'_h, G''_h$  görbékre bomlik fel, akkor a  $G_1, \dots, G_{h-1}, G_{h+1}, \dots, G_k$  görbéknek páros-számú metszéspontjuk van a  $G'_h$  (és hasonlóképp a  $G''_h$ ) görbével és nincs metszéspontjuk a kapcsolatot alkotó  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívekkel. Ebből éppúgy következik az V. tétel, mint egy görbe esetén a III. tétel.

A III. tétel alapján minden további nélkül igaz az V. tétel a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag olyan kapcsolt ívpárokra is, amelyek a  $G_{12\dots k}$  görbén is kapcsolt ívpárok. Az V. tétel igazolása végett csak azt kell kimutatnunk, hogy azt a  $k-1$  kapcsolatot, amely a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékét a  $G_{12\dots k}$  görbébe egyesíti, meg lehet úgy választani, hogy a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre vonatkozólag egy tetszésszerűen felvett és különböző két görbén fekvő kapcsolható ívpár a  $G_{12\dots k}$  görbére is az maradjon.

Kössük össze azt a két görbét, amelyen a két kapcsolható ív fekszik, a hozzájuk tartozó kapoccsal és egyesítsük további  $k-2$  kapoccsal a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékét egy  $G_{12\dots k}$  görbébe, akkor csak ez a  $k-2$  kapocs a  $k$  görbét két görbébe,  $G'$  és  $G''$  görbékbe egyesíti, amelyeket az első kapocs köt össze. Kössük össze a  $G'$  és  $G''$  irányított görbékét egy  $G^*$  görbébe olyan kapoccsal, amely a  $G_{12\dots k}$  görbére is kapocs. Ez az utolsó kapocs a megelőző  $k-2$  kapoccsal a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékét a  $G^*$  görbébe egyesíti, amelyen az először alkalmazott kapocs még alkalmazható. Ez az első kapocs a  $G^*$  görbét abba a két görbébe viszi át, amelyekbe az utolsó ( $k$ -dik) kapocs a  $G_{12\dots k}$  görbét. Ebből következik, hogy a felvett kapcsolható ívpár a  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékre és a  $G^*$  görbére kapcsolható ívpár.

Ezzel az V. tétel a III. tétel alapján be van bizonyítva.

Az V. tételből következik a következő:

VI. *A gömbön fekvő irányított görbéken elsőfajú kapocs egyező, másodfajú kapocs különböző színű vonalakat köt össze.*

## 6. Egy kettősponthoz vagy metszésponthoz szomszédos kapcsolható ívpárok és kapcsok. Összefüggő és össze nem függő görberendszerek.

Ha  $P$  egy irányított görbe kettőspontja vagy két irányított görbe metszésponthoz, akkor a gömbön fekvő görbékben a kettőspontok és metszésponthoz által meghatározott vonalak közül az irányítás szerint a  $P$  pontban két vonal kezdődik és két vonal végződik. Hogy azt az esetet, amikor egy  $P$ -ből kiinduló vonal  $P$ -ben is végződik, ne kelljen külön figyelembe venni, azért a  $P$ -ben közös ponttal bíró vonalak feleit, a  $P$  ponthoz tartozó négy félvonalat fogjuk tekintetbe venni.

A négy félvonalnak  $P$ -től különböző végpontján mindig lehet olyan (a félvonalakhoz elég közel fekvő) egyszerűen zárt görbét rajzolni, amelytől bezárt  $P$ -t tartalmazó egyszeresen összefüggő  $T$  terület a félvonalakon kívül nem tartalmazza magában a gömbön fekvő görbéknek más pontját. Ezt a  $T$  területet a  $P$  ponthoz tartozó négy félvonal  $T_1, T_2, T_3, T_4$  egyszeresen összefüggő területekre bontja.

A kapcsolható ívpárok értelmezése szerint a  $T_i (i=1, 2, 3, 4)$  tartomány határához tartozó két félvonalon felvett egy-egy ív kapcsolható ívpárt alkot, amelyet  $P$  ponthoz szomszédos kapcsolható ívpárnak nevezünk, s a  $T_i$  tartományban hozzátartozó kapcsot  $P$  ponthoz szomszédos kapocsnak hívjuk. E szerint tehát négy egymástól különböző (egymásba folytonosan nem deformálható) olyan kapocs van, amely a  $P$  ponttal szomszédos. A  $T_1, T_2, T_3, T_4$  tartományok közül mindegyikben van egy-egy ilyen kapocs.

Ha  $T_1$ , illetőleg  $T_3$  az a tartomány, melynek határához a  $P$  ponthoz vezető, illetőleg a  $P$  pontból kiinduló két félvonal tartozik, akkor a két félvonal a  $T_1$ , illetőleg  $T_3$  határáan ellenkező irányítást határoz meg. Ebből az V. és VI. tétel alapján következik, hogy a  $P$  ponthoz vezető és a  $P$  pontból kiinduló két-két félvonal különböző színű és hogy a  $T_1$  és  $T_3$  tartományokban másodfajú, míg a velük szomszédos  $T_2$  és  $T_4$  tartományokban elsőfajú kapocs lehetséges.

Kimondhatjuk tehát a következő tételt:

VII. *Ha  $P$  egy irányított görbe kettőspontja, vagy két irányított görbe metszéspontja a gömbön, akkor a hozzátartozó négy félvonaltól a  $P$  ponthoz vezető két félvonaltól különböző színű, hasonlóképp különböző színű a  $P$ -ből kiinduló két félvonaltól. A  $P$  pont szomszédságában négy egymástól lényegesen különböző kapocs lehetséges, amelyek közül kettő első- és kettő másodfajú. Ezek a kapcsok a négy félvonaltól két-két egymás folytatását nem képező félvonaltól kötnek össze.*

Ennek a tételnek alapján egymást metsző irányított görbék vonalait a kapcsolható ívek fogalmának felhasználása nélkül lehet színeztetni a gömbön. Ha ugyanis a  $G_1$  és  $G_2$  görbék metszik egymást a gömbön és  $P$  egyik metszéspontjuk, akkor a  $G_1$  görbe vonalainak színezése után a  $G_2$  vonalait úgy kell színeznünk, hogy a  $P$ -ből a  $G_1$  és  $G_2$  görbéken kiinduló vonal színe egymástól különbözzék.

Egyszerűség kedvéért a következőkben bevezetünk néhány új fogalmat.

Egy gömbön fekvő  $k$  irányított görbét együttesen  $k$  görbéből álló *görberendszernek*, a görbék kettőspontjait vagy metszéspontjait a *görberendszer kettőspontjainak* nevezzük. Egy görberendszerben két görbe akkor *összefüggő*, ha vagy metszik egymást vagy nem metszik ugyan egymást, de van a többi  $k - 2$  görbe között legalább egy olyan sora a görbéknek, amelyek közül bármelyiknek van metszéspontja a sorban utána következővel, a felvett két görbe közül pedig az egyiknek van közös pontja a sor első, a másikkal a sor utolsó görbéjével.

Ha egy görberendszerben bármely két görbe összefüggő, akkor a *görberendszer is összefüggő*, szét nem eső. A *görberendszer széteső, össze nem függő*, ha van benne legalább két össze nem függő görbe. Egy össze nem függő görberendszer bizonyos számú összefüggő görberendszerekre egyértelműleg szét-esik oly módon, hogy az eredeti görberendszerben összefüggő görbék egy összefüggő görberendszerhez, össze nem függő görbék különböző görberendszerekhez tartoznak.

A VII. tétel alapján kimondható tehát a következő tétel:

VIII. *Ha egy irányított görbékkel álló összefüggő görbe-*

rendszernek  $n$  kettőspontja van, akkor ezek a pontok a görberendszer görbéin  $2n$  vonalat határoznak meg. Ezek közül lehet  $n$  vonalat egy színre és a többi  $n$  vonalat egy másik színre úgy festeni, hogy a görberendszer akármelyik görbéjén bármely egymás után következő két vonal, a görberendszer akármelyik kettőspontjából kiinduló két vonal és az oda vezető két vonal különböző színű legyen.

## 7. A kétféle kapocs megfordítottja.

Az elsőfajú kapcsot úgy alkottuk meg, hogy az egyszínű  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  íveket ugyanazon színű és egymást  $s$  a gömbön fekvő görbéket nem metsző  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívekkel helyettesítettük. A megfordított művelet az egyszínű  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  íveknek helyettesítése az ugyanazon színű és egymást  $s$  a gömbön fekvő görbéket nem metsző  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  ívekkel. Az elsőfajú kapocs megfordítottja tehát szintén elsőfajú kapocs. Ha az eredeti elsőfajú kapocs egy görbe két ívét kapcsolja egybe, akkor megfordítottja két görbén fekvő íveket kapcsol össze.

A másodfajú kapocs képzésekor a különböző színű  $A_1A_2$  és  $B_1B_2$  íveket egymást egy  $P$  pontban metsző, de a gömbön fekvő görbéket nem metsző  $A_1B_2$  és  $B_1A_2$  ívekkel helyettesítjük. A  $P$  pont az  $A_1B_2$  ívet  $A_1P$  és  $PA_2$ , a  $B_1A_2$  ívet pedig  $B_1P$  és  $PA_2$  ívekre bontja, amelyek közül az  $A_1P$  és  $PA_2$  az  $A_1A_2$ , a  $B_1P$  és  $PB_2$  pedig a  $B_1B_2$  ívvel egyező színű. A másodfajú kapocs képzését tehát úgyis felfoghatjuk, hogy az  $A_1A_2$ , illetőleg  $B_1B_2$  ívet a vele egyező színű  $A_1PA_2$ , illetőleg  $B_1PB_2$  ívvel úgy helyettesítjük, hogy  $A_1PA_2$  és  $B_1PB_2$  ívek sem egymást, sem a gömbön fekvő görbéket ne messék és együttvéve a  $P$  pontban kettőspontot alkossanak.

A másodfajú kapocs megfordítottja a különböző színű vonalaknak a  $P$  pontban egymástól elválasztása és az  $A_1PA_2$  és  $B_1PB_2$  íveknek (folytonos deformációval) az  $A_1A_2$ , illetőleg  $B_1B_2$  ívekbe való átvitele. Ezt a műveletet, amelyben a különböző színű vonalaknak a  $P$  pontban egymástól való elválasztása a lényeges, a  $P$  kettőspont *útmetszésének* nevezzük.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> L. «Általános vizsgálatok egy GAUSS-féle topológiai problémáról» c. dolgozat 6. §-át. Mat. és Természettud. Ért. 42. köt. (1925), 264. old.

Kimondhatjuk tehát a következő tételeket:

IX. *Egy elsőfajú kapocs megfordítottja is elsőfajú kapocs. A kettő közül az egyik eggyel növeli, a másik ellenben eggyel csökkenti a görbék számát.*

X. *A másodfokú kapocs megfordítottja az átmetszés. Az átmetszés egy görbe kettőspontjában vagy két görbe metszéspontjában a különböző színű vonalakat egymástól elválasztja és ezzel a kettőspontok és metszéspontok együttes számát eggyel csökkenti. Az átmetszés egy irányított görbét két irányított görbére bont vagy pedig két irányított görbét egybekapcsol.*

## 8. Ciklusok.

Egy irányított görberendszer mindegyik kettőspontjából csak egy ugyanolyan színű vonal indul ki és mindegyik kettőspontjához csak egy ugyanolyan színű vonal vezet (VII. tétel). Ebből következik, hogy a görberendszer egyik színű vonalai és hasonlóképp a másik színű vonalai bizonyos számú egyszerűen zárt irányított görbét, *ciklust* alkotnak.

A ciklusok definíciójából következnek a következő tételek:

XI. *Egy ciklus sem metszi önmagát vagy egy más ciklust. Két ciklusnak csak akkor lehetnek közös pontjaik, ha különböző színűek. A közös pontok a görberendszernek kettőspontjai.*

XII. *Két különböző színű ciklus közös pontjainak egymásutánja a két ciklus irányítása értelmében a két cikluson meg egyezik.*

XIII. *Ha egy ciklusnak két ciklussal közös pontjai a cikluson egymást elválasztják, akkor a két ciklus a főlvelt első ciklusnak különböző oldalain fekszik.*

A kétféle ciklusok együttes számára vonatkozólag ki fogjuk mutatni a következő tételt:

XIV. *Ha  $k$  irányított görbe olyan összefüggő görberendszert alkot a gömbön, amelynek  $n$  kettőspontja van, akkor a görberendszer ciklusainak  $c$  számára nézve fennáll a*

$$c = n + 2 - k - 2r \geq 2$$

összefüggés, ahol  $r$  nem negatív egész szám. Adott  $n$  és  $k$  mellett a ciklusok száma az  $n+2-k$  maximális számot elérheti.

Ezt a tételt egy görbe esetén, amikor  $k=1$  és  $c=n+1-2r$ , már bebizonyítottuk.<sup>1</sup> Ennek alapján fogjuk igazolni  $G_1, G_2, \dots, G_k$  görbékéből álló összefüggő görberendszerre is.

A görberendszer összefüggőségéből következik, hogy fel lehet írni a  $k$  görbét olyan sorrendben, hogy bármely görbének legyen a sorban megelőző görbék közül legalább egyvel közös pontja. Föltehetjük, hogy  $G_1, G_2, \dots, G_k$  már ilyen sorrendben vannak felírva.

A  $k$  görbe ilyen sorrendjében a  $G_1$  és  $G_2$  görbéknek van metszéspontjuk. Egy metszéspontjuknak átmetszése a két görbét egy  $G'$  görbébe egyesíti, amely metszi a  $G_3$  görbét, mert a  $G_1$  és  $G_2$  görbék közül legalább az egyik metszi a  $G_3$  görbét. A  $G_3$  és  $G'$  görbék egy metszéspontjának átmetszése a két görbét egy  $G''$  görbébe egyesíti, amely metszi a  $G_4$  görbét. Az eljárást folytatva,  $k-1$  átmetszés a  $k$  görbét  $m=n-(k-1)=n-k+1$  kettősponttal bíró  $G$  görbébe egyesíti. Minthogy egy átmetszés két különböző ciklust elválaszt egymástól, de a ciklusokat nem változtatja meg, azért a  $G$  görbének ugyanannyi ciklusa van, mint a görberendszernek, vagyis fennáll a

$$c = m + 1 - 2r = n + 2 - k - 2r$$

összefüggés.

Hogy a ciklusok száma a maximális  $n+2-k$  számot elérheti, arra a legegyszerűbb példa két egymást metsző kör esete, amikor  $n=2$ ,  $k=2$  és  $c=n+2-k=2$ .

Ha a  $k$  görbéből álló  $n$  kettősponttal bíró görberendszer  $s$  összefüggő görberendszerre esik szét, amelyek  $k_1, k_2, \dots, k_s$  darab görbéből,  $c_1, c_2, \dots, c_s$  darab ciklusból állanak és  $n_1, n_2, \dots, n_s$  kettőspontot tartalmaznak, akkor fennállanak a következő összefüggések:

$$\begin{aligned} c &= c_1 + c_2 + \dots + c_s, & n &= n_1 + n_2 + \dots + n_s, & k &= k_1 + k_2 + \dots + k_s, \\ c_h &= n_h + 2 - k_h - 2r_h & (h &= 1, 2, \dots, s). \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Mat. és Természettudományi Értesítő, 42. kötet (1926), 265. old.

*görbébe alakíthatjuk át, amelyek ugyanazok a ciklusai, mint az eredeti görbének, de csak  $c-1$  kettőspontja van.*

Ennek a tételnek hebizonyítása végett előbb azt mutatjuk ki, hogy egy olyan  $G$  gömbi görbén, amelyre nézve  $n+1-c>0$ , mindig van legalább egy olyan kettőspont, amelynek átmetszése a görbét egymást metsző két görbére bontja.

Tegyük fel ugyanis, hogy ez az állítás nem igaz, vagyis a  $G$  görbét bármely kettőspontjának átmetszése egymást nem metsző két görbére bontja fel. A második átmetszés a kapott két görbe közül az egyiknek kettőspontját vágja át, ennél fogva a görbék számát háromra gyarapítja. Föltételezzük, hogy először a  $h$ -dik ( $h \geq 2$ ) kettőspont átmetszésekor kapott  $G_1, G_2, \dots, G_{h+1}$  görbék között van egymást metsző két görbe, de bármilyen sorrendben vágunk át  $h$ -nál kevesebb kettőspontot a  $G$  görbén, azok között a görbék között, amelyekre az átmetszések a  $G$  görbét felbontják, nem kapunk egymást metsző két görbét.

Ha a  $G_1, G_2, \dots, G_{h+1}$  görbék közül a  $G_1$  és  $G_2$  görbéknek van egymással metszésponjtjuk, akkor a  $G_3$  görbét egy olyan másodfajú kapoccsal, amely egy előbb alkalmazott átmetszés megfordítottja, egybe lehet kötni vagy a  $G_4, G_5, \dots, G_{h+1}$  görbék valamelyikével, vagy pedig a  $G_1$  és  $G_2$  görbék közül valamelyikkel, mert a  $G_3$  görbe a  $G$  görbén a  $G_1, G_2, G_4, G_5, \dots, G_{h+1}$  görbék közül legalább eggyel összefügg. Ez a másodfajú kapocs azonban egy átmetszést megszüntet, ennél fogva — föltevésünkkel ellentétben — már a megmaradó  $h-1$  átmetszés is eredményez egymást metsző két görbét. Ilyen két görbe az első esetben a  $G_1$  és  $G_2$  görbe, a második esetben az a két görbe, amely a  $G_1, G_2$  és  $G_3$  görbék közül a másodfajú kapocs alkalmazása után előáll.

Ebből az ellentmondásból következik, hogyha akármelyik első átmetszés a  $G$  görbét egymást nem metsző görbékre bontja, akkor a második, harmadik stb. kettőspont átmetszése is eggyel-eggyel növeli az előző átmetszésekkel kapott görbéket. Az  $n$  kettőspont átmetszése után tehát  $n+1$  görbét, a  $G$  görbe  $n+1$  ciklusát kapjuk. Föltevésünk szerint azonban  $n+1$ -nél kevesebb ciklusa van a  $G$  görbének.

Ebből az ellentmondásból következik, hogy a  $G$  görbén,

amelyre vonatkozólag  $n+1-c>0$ , van olyan  $A$  kettőspont, amelynek átmetszése a  $G$  görbét egymást metsző  $G_1$  és  $G_2$  görbékre bontja fel. Ha  $B$  a  $G_1$  és  $G_2$  görbéknek egyik metszéspontja, akkor a  $B$  pontban alkalmazott átmetszés a két görbét olyan  $n'-n-2$  kettősponttal bíró  $G'$  görbébe egyesíti, amelynek ugyanazok a ciklusai, mint a  $G$  görbének. Ha még  $n'+1=-n-1-c>0$ , akkor a  $G'$  görbén is van olyan  $A'$  kettőspont, amelynek átmetszése a görbét  $G'_1$  és  $G'_2$  egymást metsző görbékre bontja. A  $G'_1$  és  $G'_2$  görbék egy metszéspontjának átmetszésével  $n-4$  kettősponttal bíró  $G''$  görbét kapunk.

Az eljárás folytatásával végül olyan  $G^*$  görbét kapunk, amelyet bármelyik kettőspontjának átmetszése egymást nem metsző görbékre bont, amelynek tehát eggyel több ciklusa van, mint kettőspontja.

Ezzel a XVII. tételből következik a következő:

XVIII. *Ha egy  $n$  kettősponttal bíró összefüggő irányított görberendszer a gömbön  $c$  ciklusból áll, akkor a görberendszer  $n+1-c$  kettőspontjának átmetszésével olyan görbébe alakítható át, amelynek  $c$  ciklusa és  $c-1$  kettőspontja van.*

Ha ugyanis  $k$  görbéből áll a görberendszer, akkor  $k-1$  átmetszéssel a  $k$  görbe egy görbébe egyesíthető. Ha ennek a görbének több kettőspontja van, mint ciklusa, akkor párosszámú átmetszéssel egy olyan görbébe vihető át, amelynek  $c-1$  kettőspontja van.

## 10. Egy görbe átalakítása elsőfajú kapcsokkal olyan görbébe, amelynek maximális számú ciklusa van.

Egy elsőfajú kapocs két egyszínű ívet köt össze. A kapocs színe ugyanaz, mint az összekapcsolt íveké. A kapcsolható egyszínű ívpár fekdühetik egy vonalon vagy két különböző vonalon. A két különböző vonal tartozhatik egy ciklushoz vagy két különböző (de ugyanazon színű) ciklushoz. Ennek megfelelően az elsőfajú kapocs vagy egy ciklust bont két ciklusra vagy két egyszínű ciklust egyesít egy ciklusba.

Kettőspontokhoz szomszédos elsőfajú kapcsokkal ki fogjuk mutatni a következő tételt:



XIX. Bármely  $n$  kettősponttal bíró és  $c$  ciklusból álló gömbi görbét  $n+1-c$  elsőfajú kapoccsal át lehet alakítani olyan görbébe, amelynek ugyanazok a kettőspontjai, de  $n+1$  ciklusa van.

Ezt a tételt csak olyan  $G$  görbére kell kimutatni, amelyre nézve  $n+1-c > 0$ . Az ilyen  $G$  görbén az előző paragrafus eredményei szerint van olyan  $A$  kettőspont, amelynek átmetszése a görbét egymást metsző  $G_1$  és  $G_2$  görbékre bontja. A metszéspontok egyikét ismét  $B$ -vel jelöljük. Az  $A$  ponthoz szomszédos két elsőfajú (a 6. § jelölései szerint  $T_2$ -ben vagy  $T_4$ -ben lehetséges) kapocs közül akármelyik olyan  $G'_1$  és  $G'_2$  görbékre bontja fel a  $G$  görbét, amelyeknek  $B$  szintén metszéspontjuk. (Ez belátható annak alapján, hogy a  $G'_1$ , illetőleg  $G'_2$  görbének a  $T_2$  és  $T_4$  tartományokon kívüli része ugyanaz, mint a  $G_1$ , illetőleg  $G_2$  görbének.)

A  $G'_1$  és  $G'_2$  görbéket  $B$  metszéspontjukhoz szomszédos akármelyik színű elsőfajú kapocs egy  $G'$  görbébe egyesíti. Mindkét elsőfajú kapocs egy-egy ciklust köt össze és így a ciklusok számát eggyel-eggyel növeli. A  $G'$  görbének tehát  $n$  kettőspontja és  $c+2$  ciklusa van.

Ha a  $G'$  görbének is kevesebb ciklusa van, mint kettőspontja, akkor két megfelelő kettőspontjához szomszédos egy-egy elsőfajú kapoccsal olyan  $G''$  görbébe vihető át, amelynek  $n$  kettőspontja és  $c+4$  ciklusa van. Az eljárást folytatva,  $n+1-c$  elsőfajú (kettős- vagy metszéspontokhoz szomszédos) kapocs által olyan görbébe megy át a  $G$  görbe, amelynek  $n+1$  ciklusa van.

Minthogy az eljárás folyamán akármelyik elsőfajú kapocs helyettesíthető tőle különböző színű elsőfajú kapoccsal, azért egyszersmind igaz a következő tétel is:

XX. Ha a gömbön fekvő  $G$  görbének  $n$  kettőspontja és  $c$  ciklusa van, amelyek közül az egyszínűek száma  $c_1$ , illetőleg  $c_2$  és ha  $k_1$ ,  $k_2$  és  $r$  az

$$n+1-c = k_1 + k_2 + 2r$$

egyenlőségnek eleget tevő tetszésszerűen nem negatív egész számok, akkor  $k_1+k_2$  elsőfajú kapoccsal, amelyek közül  $k_1$ , illetőleg  $k_2$

az egyszínűek száma, át lehet vinni a  $G$  görbét olyan görbébe, amelynek  $n$  kettőspontja és  $c_1+k_1$  egyik és  $c_2+k_2$  másik színű ciklusa van.

Ebből következik a következő tétel:

XXI. Egy  $n$  kettősponttal bíró  $c$  ciklusból álló gömbi görbét  $n+1-c$  ugyanazon színű elsőfajú kapoccsal át lehet vinni egy  $n$  kettősponttal és  $n+1$  ciklussal bíró görbébe.

A XX. tétel alapján kimondható a következő tétel is:

XXII. Ha egy gömbön fekvő összefüggő görberendszernek  $n$  kettőspontja és  $c$  ciklusa van, amelyek közül az egyszínű ciklusok száma  $c_1$  és  $c_2$  és ha  $k_1$ ,  $k_2$  és  $r$  az

$$n+1-c = k_1 + k_2 + 2r$$

egyenlőségnek eleget tevő tetszés szerinti nem negatív egész számok, akkor  $k_1$  egyik színű és  $k_2$  másik színű elsőfajú kapoccsal a görberendszert olyan görbébe lehet átvinni, amelynek  $n$  kettőspontja,  $c_1+k_1$  egyik színű és  $c_2+k_2$  másik színű ciklusa van.

Ha ugyanis  $k$  görbéből áll a görberendszer, akkor  $k-1$  metszésponthoz szomszédos egy-egy elsőfajú kapoccsal a  $k$  görbe egybe kapcsolható, amely további  $k_1+k_2-k$  megfelelő elsőfajú kapoccsal  $c+k_1+k_2$  ciklussal és  $n$  kettősponttal bíró görbébe vihető át.

## 11. Görbék átalakítása másodfajú kapcsolatokkal.

A  $G$  gömbi görbét, melynek  $n$  kettőspontja és  $c$  ciklusa van, egy másodfajú kapocs két egymást metsző  $G_1$  és  $G_2$  görbékre bontja, amelyeknek a másodfajú kapocs kettőspontja. (A  $G$  görbe bármely kettőspontjával szomszédos két másodfajú kapocs ilyen másodfajú kapocs.) A  $G_1$  és  $G_2$  görbék egy metszéspontjával szomszédos másodfajú kapocs a két görbét egy  $n+2$  kettősponttal bíró és  $c$  ciklusból álló görbébe egyesíti. Ennek az eljárásnak folytatásával be lehet látni a következő tételt:

XXIII. Bármely olyan irányított gömbi görbét, amelynek  $n$  kettőspontja és  $c$  ciklusa van,  $2k$  másodfajú kapoccsal át lehet vinni egy  $n+2k$  kettősponttal bíró  $c$  ciklusból álló görbébe.

Minthogy egy másodfajú kapocs a  $G$  görbét olyan  $G_1$  és  $G_2$  görbékbe viszi át, amelyek a másodfajú kapocs kettőspontjában metszik egymást, azért a  $G_1$  és  $G_2$  görbéknek a  $G$  görbe páratlanszámú kettőspontjában van metszéspontjuk. Ebből következik, hogy a  $G_1$  és  $G_2$  görbéken együttvéve legalább eggyel, mindenesetre azonban páratlan számmal kevesebb kettőspont van, mint a  $G$  görbén. A  $G_1$  vagy  $G_2$  görbének egy kettőspontjával szomszédos másodfajú kapocs a görbék számát eggyel növeli, a kettőspontok együttes számát ellenben páratlan számmal csökkenti.

Ennek az eljárásnak folytatásával be lehet látni a következő tételt:

XXIV. *Egy  $n$  kettősponttal bíró irányított gömbi görbét legfeljebb  $n$  másodfajú kapocs által át lehet vinni olyan görbékbe, amelyek közül egyiknek sincs kettőspontja. Ha a görbét  $s$  számú kettőspont nélküli görbébe olyan  $h$  másodfajú kapocs viszi át, amelyek közül mindegyik a görbék számát növeli, akkor  $s = h + 1$  és  $n - h$  páros szám. A  $h + 1$  görbének ekkor együttesen  $n + h$  metszéspontja van.*

A XXIII. tétel szerint egy  $G$  görbét  $2k$  másodfajú kapocs által egy  $G'$  görbébe lehet átvinni, amelynek ugyanannyi ciklusa van, mint a  $G$  görbének, de  $2k$ -val több kettőspontja van. Ha erre a  $G'$  görbére egy másodfajú kapcsol alkalmazunk, akkor a görbe egymást metsző  $G'_1$  és  $G'_2$  görbékre bomlik fel. Egy metszéspontjukkal szomszédos elsőfajú kapocs a  $G'_1$  és  $G'_2$  görbéket egy  $G''$  görbébe egyesíti. Kimondhatjuk a következő tételt:

XXV. *Egy  $n$  kettősponttal bíró és  $c$  ciklusból álló gömbi görbét  $2k + 1$  másodfajú és egy elsőfajú kapocs által át lehet alakítani egy  $n + 2k + 1$  kettősponttal bíró és  $c - 1$  ciklusból álló görbébe.*

## 12. A kapcsolok hatása a görbék számára.

Alkalmazunk egy  $k$  irányított görbéből álló görberendszerre a gömbön bizonyos sorrendben  $m$  független, azaz olyan kapcsol, amelyek közül akármelyik az előzők alkalmazása után is kapocs. Ha az alkalmazás sorrendjében  $m_1$  olyan kapocs van, amely

alkalmazásakor egy görbén fekvő kapcsolható ívpárt kötött össze és  $m_2$  olyan kapocs van, amely két különböző görbén fekvő kapcsolható ívpárt kötött össze, akkor  $m_1$  kapocs növeli,  $m_2$  pedig csökkenti a görbék számát. Ha tehát  $h$  jelöli az  $m$  kapocs alkalmazása után kapott görbék számát, akkor

$$h = k + m_1 - m_2 \quad \text{és} \quad m = m_1 + m_2.$$

Ebből következik, hogy

$$h = k + m - 2m_2 = k - m + 2m_1.$$

Ennek alapján kimondhatjuk a következő tételt:

XXVI. *Ha egy gömbön fekvő  $k$  irányított görbéből álló görberendszert  $m$  kapocs olyan görberendszerbe visz át, amely  $h$  görbéből áll, akkor fennállnak a következő összefüggések:*

$$k - m \leq h \leq k + m \quad \text{és} \quad h \equiv k + m \pmod{2}.$$

Minthogy bármilyen sorrendben is alkalmazzuk az  $m$  kapcsot, végül ugyanazt a  $h$  görbéből álló görberendszert kapjuk. azért egyszersmind a következő tételt is kimondhatjuk:

XXVII. *Ha  $m$  független kapocs egy bizonyos sorrendjében egy gömbön fekvő irányított görberendszer görbéinek számát  $m_1$  kapocs növeli és  $m_2 = m - m_1$  csökkenti, akkor a kapcsolható bármilyen sorrendjében  $m_1$  kapocs két össze egy-egy görbét és  $m_2$  kapocs két-két görbét.*

A görbék száma akkor éri el maximumát, amikor  $m_2 = 0$ , vagyis amikor az  $m$  kapocs közül egyik sem köt össze az előző kapcsolatokkal kapott görbék közül két különböző görbét. Ez akkor és csak akkor következik be, ha az eredetileg felvett  $m$  kapocs közül akármelyikhez tartozó kapcsolható ívpár mindkét íve a felvett  $G_1, G_2, \dots, G_k$  irányított görbék közül egyen fekszik és ha a felvett  $m$  kapcsolatokhoz tartozó ívpárok közül a  $G_i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) görbén fekvő  $s_i$  ( $s_1 + s_2 + \dots + s_k = m$ ) kapcsolható ívpár között nincs olyan kettő, amelyeknek két-két íve a  $G_i$  görbén egymást elválasztaná.

Jelöljük ugyanis a  $G_i$  görbén fekvő  $s_i$  számú kapcsolható ívpár mindkét ívét 1, 2, illetőleg  $s_i$  számokkal, akkor a  $G_i$  görbe egy pontjából a görbe irányítása szerint kiindulva, a  $2s_i$  ív

egymásutánja az  $1, 2, \dots, s_i$  elemek között olyan  $P$  permutációt állapít meg, amelyben mindegyik elem kétszer fordul elő. A  $G_i$  görbének 1-gyel jelölt két íven kívüli része két irányított és nyitott görbét,  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  görbéket alkot. A  $P$  permutációban az 1-gyel jelölt két elem közé, illetőleg azokon kívül eső elemek ciklikus sorrendje megadja  $\gamma_1$ , illetőleg  $\gamma_2$  görbéken fekvő ívek sorrendjét. Az 1-gyel jelölt ívpárhoz tartozó kapocs a  $\gamma_1$ , illetőleg  $\gamma_2$  nyitott görbét egy  $I'_1$ , illetőleg  $I'_2$  zárt görbébe egyesíti.

Ha volna olyan  $p$ -vel jelölt kapcsolható ívpár a  $G_i$  görbén ( $2 \leq p \leq s_i$ ), amelynek két íve az 1-gyel jelölt két ívet szétválasztaná, akkor az egyik  $p$  ív a  $\gamma_1$ , a másik a  $\gamma_2$  nyitott görbén feküdne, vagyis az egyik ív a  $I'_1$ , a másik a  $I'_2$  görbén volna. A  $p$ -vel jelölt ívpárhoz hozzátartozó ívpár tehát feltételünkkel ellentétben, a görbék számát csökkentené, amennyiben a  $I'_1$  és  $I'_2$  görbéket egy görbébe egyesítené,

Könnyű ezek után belátni, hogyha nincs olyan két elem, amelyeknek párjai a  $P$  permutációban egymást szétválasztanak, akkor az  $m$  kapocs közül akármennyi alkalmazása után a további kapesok bármelyike növeli a görbék számát.

Kimondhatjuk tehát a következő tételt:

XXVIII. *Egy gömbön fekvő irányított görberendszer görbéinek számát  $m$  független kapocs akkor és csak akkor növeli  $m$ -mel, ha az  $m$  kapocs közül akármelyikhez tartozó kapcsolható ívpár mindkét íve a görberendszer egy görbéjén fekszik és ha az  $m$  kapocshoz tartozó és egy-egy görbén fekvő kapcsolható ívpárok között nincs olyan kettő, amelyek a görbén egymást szétválasztanak.*

A  $G_1, G_2, \dots, G_k$  irányított görbékből álló görberendszer görbéinek számát  $m$  független kapocs legfeljebb  $m$ -mel csökkenti. Akkor csökkenti éppen  $m$ -mel, ha  $m_1=0$  és  $m=m_2 \leq k$ . Ilyen esetben bármely kapocs két különböző görbét köt össze és egy kapocs sem köt össze két olyan görbét, amelyeket az előbb alkalmazott kapesok már egy görbébe egyesítettek.

Ennek alapján kimondhatjuk a következő tételt:

XXIX. *A gömbön  $k$  irányított görbét  $m$  független kapocs akkor kapcsol össze  $k-m$  görbébe, ha a  $k$  görbe és az  $m$  kapocs fatulajdonsággal bír a következő értelemben:*

*Ha a  $k$  görbét  $k$  különálló ponttal ábrázoljuk és egy kapcsolatot, amely két görbét összeköt, a megfelelő két pontot összekötő vonallal úgy ábrázoljuk, hogy az  $m$  kapocsnak megfelelő vonalaknak — végpontjaikat leszámítva — ne legyen közös pontjuk, akkor az így kapott  $k$  pontból és  $m$  vonalból álló vonalrendszeren nem lehet zárt görbe, kör.*

### 13. Egy görbén alkalmazott független kapcsok összefüggése azokkal a görbékkel, amelyekre a kapcsok a görbét felbontják.

Alkalmazzunk a gömbön fekvő  $G$  görbére  $m$  független kapcsolatot és jelöljük az  $m$  kapcsolatot és az  $m$  kapcsolathoz tartozó mindkét ívet  $1, 2, \dots, m$ -mel, akkor a  $G$  görbe egy pontjából a görbe irányítása szerint kiindulva, a  $2m$  ív sorrendje az  $1, 2, \dots, m$  elemeknek olyan ismétléses  $P_{2m}$  permutációját határozza meg, amelyben mindegyik elem kétszer fordul elő. Ha a görbének más pontjából indulunk ki, a  $P_{2m}$  permutációnak egy ciklikus permutációját kapjuk.

A  $P_{2m}$  vagy bármely ciklikus permutációja — függetlenül attól, hogy az alkalmazott  $m$  kapocs elsőfajú vagy másodfajú, vagy vegyesen első- és másodfajú — meghatározza azoknak a görbéknek számát, amelyekre az  $m$  kapocs a  $G$  görbét felbontja. Ez a szám a XXVI. tétel szerint páros vagy páratlan a szerint, amint  $m$  páratlan, illetőleg páros.

A mondottakat legegyszerűbben egy példán igazolhatjuk. Ha például a  $G$  görbén a  $P_{2m} = P_{12}$  permutáció  $123456315462$ , akkor a görbének egymásra következő  $2m = 12$  íve közé eső  $12$  darabját, amelyek együttesen a  $G$  görbének összes kettőspontjait tartalmazzák,  $1\bar{2}, 2\bar{3}, 3\bar{4}, \dots, 4\bar{5}, 5\bar{6}, 6\bar{2}, 2\bar{1}$  íveknek nevezhetjük. A kapcsok alkalmazása után az  $1\bar{2}$  ívnek nem a  $2\bar{3}$  ív a folytatása, hanem a  $2$  jelű kapocs egyik ívén át a  $2\bar{1}$  ív, amelyet az  $1$  jelű kapocs az  $1\bar{5}$  ívvel köt össze. Ily módon az  $1\bar{2}, 2\bar{1}, 1\bar{5}, 5\bar{6}, 6\bar{2}, 2\bar{3}$  és  $3\bar{1}$  ívek az  $1, 2, 1, 5, 6, 2$  és  $3$  jelű kapcsolatokon át egy zárt és irányított  $G_1$  görbét alkotnak. Hasonlóképpen zárt és irányított  $G_2$ , illetőleg  $G_3$  görbébe köti össze a  $3,$

4 és 6, illetőleg a 4 és 5 kapocs a  $\bar{3}\bar{4}$ ,  $\bar{4}\bar{6}$  és  $\bar{6}\bar{3}$ , illetőleg a  $\bar{4}\bar{5}$  és  $\bar{5}\bar{4}$  irányított íveket.

Azt is könnyű megállapítani, hogy egy másodfajú kapocs kettőspontja melyik görbének kettőspontja vagy melyik két görbének metszéspontja. Ha például az 1 (vagy 2) jelzésű kapocs másodfajú, akkor kettőspontja a  $G_1$  görbének is kettőspontja, mert a kapocs mindkét íve a  $G_1$  görbéhez tartozik. Ha a 3 (vagy 6) jelzésű kapocs másodfajú, akkor kettőspontja a  $G_1$  és  $G_2$  görbének metszéspontja, mert a kapocs egyik íve a  $G_1$ , a másik a  $G_2$  görbéhez tartozik. Ha pedig az 5, illetőleg a 4 jelű kapocs másodfajú, akkor kettőspontjában a  $G_1$  és  $G_3$ , illetőleg a  $G_2$  és  $G_3$  görbék metszik egymást.

Bármilyen  $P_{2m}$  esetén hasonlóképp lehet jellemezni azokat a görbéket, amelyekre egy  $G$  görbét a megfelelő  $m$  kapocs felbontja, mint az előbbi  $P_{12}$  esetén.

Ennek alapján kimondható a következő tétel:

XXX. Azokat a görbéket, amelyekre egy gömbön fekvő irányított  $G$  görbét  $m$  független kapocs felbont, jellemzi a  $G$  görbén az  $m$  kapocshoz tartozó  $2m$  ívnek egy  $P_{2m}$  sorrendje, permutációja. Az  $m$  kapocshoz tartozó  $m$  ívpár a  $G$  görbét  $2m$  irányított darabra bontja. A  $P_{2m}$  permutáció meghatározza azt, hogy a  $2m$  görbedarabból melyek és milyen sorrendben alkotnak egy-egy zárt görbét, továbbá meghatározza azt is, hogy egy másodfajú kapocs kettőspontja melyik görbének kettőspontja vagy melyik két görbének metszéspontja.

Az előzők alapján könnyű igazolni a következő tételt:

XXXI. Ha a  $G$  irányított gömbi görbén van olyan  $m$  független kapocs, amelyek közül párosszámú kapocs a  $G$  görbét mindig egy görbébe köti össze, akárhogyan választjuk ki azokat az  $m$  kapocs közül, akkor bármely két kapocshoz tartozó két kapcsolható ívpár a  $G$  görbén szétválasztja egymást. A  $G$  görbe bármely pontjából kiindulva, a  $2m$  ív sorrendje a görbén olyan, hogy a  $h$ -dik és  $m+h$ -dik ív egy kapocshoz tartozik ( $h=1, 2, \dots, m$ ).

Abból a föltevésből, hogy az  $m$  kapocs közül bármely kettő a  $G$  görbét egy görbébe alakítja át, következik, hogy bármely két kapocshoz tartozó két ívpár a  $G$  görbén egymást szét-

Ezekből az egyenlőségekből az  $r=r_1+r_2+\dots+r_s$  jelölés bevezetésével

$$c = n + 2s - k - 2r \geq s.$$

A ciklusok száma legalább  $s$ , mert egy összefüggő görberendszer legalább egy ciklusból áll.

A legegyszerűbb eset, amikor a ciklusok száma a maximális  $n+2s-k$  számot eléri,  $s$  számú egymást nem metsző kör, amikor  $n=0$ ,  $k=s$  és  $c=n+2s-k=s$ .

Kimondhatjuk tehát a következő tételt:

XV. Ha  $k$  irányított görbe a gömbön egy  $n$  kettősponttal bíró olyan széteső görberendszert alkot, amely  $s$  összefüggő görberendszerre esik szét, akkor a görberendszer ciklusainak számára fennáll a

$$c = n + 2s - k - 2r$$

összefüggés, ahol  $r$  nem negatív egész szám. A ciklusok száma el is érheti a maximális  $n+2s-k$  számot.

Adott  $n$  és  $k$  mellett  $c$  akkor éri el maximumát, ha  $s=k$  és  $r=r_1+r_2+\dots+r_s=0$ , azaz  $r_1=0$ ,  $r_2=0, \dots, r_s=0$ . A ciklusok számának maximuma ekkor  $c=n+2k-k=n+k$ . Ennek alapján kimondhatjuk a következő tételt:

XVI. Ha  $k$  irányított görbe a gömbön  $n$  kettősponttal bíró görberendszert alkot, akkor a görberendszer ciklusainak száma legfeljebb  $n+k$  lehet. Ezt a maximális ciklusszámot akkor éri el a görberendszer, ha egy görbe sem metsz egy másikat és ha mindegyik görbének eggyel több ciklusa van, mint kettőspontja.

## 9. Egy görbe átalakítása átmetszésekkel olyan görbébe, amelynek maximális számú ciklusa van.

Egy  $n$  kettősponttal bíró és  $c$  ciklusból álló gömbi görbére fennáll az  $n+1-c=2r$  összefüggés, ahol  $r$  nem negatív egész szám. Ki fogjuk mutatni a következő tételt:

XVII. Ha egy  $n$  kettősponttal bíró gömbi görbének  $n+1$ -nél kevesebb ciklusa van és ha  $c$  jelöli a ciklusok számát, akkor a görbét  $n+1-c$  kettőspontjának átmetszésével olyan



választja. Az ellenkező esetben ugyanis — feltevésünkkel ellentétben — a megfelelő két kapocs a  $G$  görbét három görbére bontaná.

Az  $m$  kapocshoz tartozó  $m$  ívpár közül bármelyik a  $G$  görbét olyan két darabra bontja, amelyek közül egyiken sincs a  $2m-2$  ív közül  $m-1$ -nél több. Ha ugyanis  $I'_1$  és  $I'_2$  jelöli a  $G$  görbének az egyik kapocshoz tartozó ívpárján kívüli két darabját és ha a  $I'_1$  görbedarabon  $m-1$ -nél több ív volna, akkor volna olyan, legalább egy olyan kapocs a többi  $m-1$  között, amelyhez tartozó kapcsolható ívpár a  $I'_1$  görbedarabon feküdnék. Ez a kapcsolható ívpár és az, amely a  $G$  görbét  $I'_1$  és  $I'_2$  darabokra bontja, egymást nem választaná szét a  $G$  görbén.

Ebből következik, hogy a  $G$  görbén a  $h$ -dik és  $m+h$ -dik ív egy kapocshoz tartozik ( $h=1, 2, \dots, m$ ). A  $G$  görbén a  $2m$  ív sorrendjét tehát jellemzi egy  $P_{2m}=1\ 2\dots m\ 1\ 2\dots m$  permutáció, amelyben az egyező elemek ugyanahhoz a kapocshoz tartozó ívpár két ívét jelentik.

#### 14. Több görbe esetén a kapcsok összefüggése azokkal a görbékkel, amelyek a kapcsok által származnak.

A XXX. tételhez hasonló módon kimutatható a következő tétel:

XXXII. Ha egy gömbön fekvő  $k$  irányított görbéből álló görberendszerre  $m$  független kapcsot alkalmazunk, akkor a kapcsokhoz tartozó  $2m$  ívnek az egyes görbéken a görbék irányítása melletti egymásutánja meghatározza azt, hogy a  $k$  görbének a  $2m$  íven kívüli  $2m$  darabja közül melyek és milyen sorrendben alkotnak a megfelelő kapcsokkal egy-egy irányított zárt görbét, továbbá azt is, hogy egy másodfajti kapocs kettőspontja melyik görbének lesz kettőspontja vagy melyik két görbének lesz metszéspontja.

Ha például a  $G_1$  és  $G_2$  irányított görbékkel álló görberendszert 7 kapocs köti össze, ha továbbá egy kapcsot és a hozzátartozó mindkét ívet ugyanazzal a számmal jelölünk és ha végül a 14 ív egymásutánja a  $G_1$  görbén 1234562764, a  $G_2$  görbén pedig

1357, akkor a  $G_1$  görbe a rajta levő 10 íven kívül az 12, 23, 34, 45, 56, 62, 27, 64 és 41, a  $G_2$  pedig a rajta levő 4 íven kívül az 13, 35, 57 és 71 irányított görbedarabokból áll. A 14 görbedarab a kapesok megfelelő íveivel három irányított zárt görbét,  $G'$ ,  $G''$  és  $G'''$  görbét alkot. Ezt a három görbét az 127, 2356456, illetőleg 341 permutációval jellemezhetjük, mert a  $G'$  görbe az 12, 27 és 71, a  $G''$  görbe a 23, 35, 56, 64, 45, 54 és 62, a  $G'''$  görbe pedig a 34, 41 és 13 görbedarabokat tartalmazza.

Ha az 1, 2, ..., 7 kapocs közül valamelyik másodfajú, akkor kettőspontja a  $G'$ ,  $G''$ ,  $G'''$  görbék közül kettőnek metszéspontja vagy egynek kettőspontja, a szerint, amint a kapesot jelző szám két permutációban fordul elő, illetőleg egy permutációban szerepel kétszer.

A XXXI. tételnek megfelelően két görbére a következő tétel mondható ki:

XXXIII. *Ha van a  $G_1$  és  $G_2$  irányított görbékre vonatkozólag olyan független  $m$  kapocs, amelyek közül páratlanszámú, — bármikép is választjuk ki azokat az  $m$  kapocs közül — a két görbét egy görbébe viszi át és ha az  $m$  kapocs közül bármelyikhez tartozó két ívet megfelelő íveknek nevezzük, akkor két megfelelő ív közül az egyik a  $G_1$ , a másik a  $G_2$  görbén fekszik és a  $G_1$  görbén levő  $m$  ív egymásutánja ugyanaz, mint a megfelelő  $m$  ív sorrendje a  $G_2$  görbén.*

Ez a tétel a XXXI. tételből következik, mert akármelyik kapocs a  $G_1$  és  $G_2$  görbékét egy görbébe kapesolja, amelyet a többi  $m-1$  kapocs közül tetszésszerinti, de párosszámú kapocs szintén egy görbébe alakít át.

A XXXIII. tételből következik a következő tétel:

XXXIV. *Ha van olyan független  $m$  kapocs, amelyek közül bármelyik a  $G_1$  és  $G_2$  irányított görbékét egybeköti és ha  $e$  kapesokhoz tartozó  $m$  ívpárból a  $G_1$  és  $G_2$  görbéken fekvő megfelelő  $m$  ív egymásutánja a görbék irányítása szerint ugyanaz, akkor az  $m$  kapocs közül párosszámú a  $G_1$  és  $G_2$  görbékét olyan  $G'$  és  $G''$  görbékbe alakítja át, amelyek az alkalmazott másodfajú kapesok kettőspontjaiban metszik egymást.*

Ha 1, 2, ...,  $2k$  ( $\leq m$ ) jelöli a párosszámú kapesot és a

hozzátartozó két ívet, akkor alkalmas jelöléssel a két görbén a görbék irányítása mellett az  $m$  ív sorrendje  $1, 2, \dots, 2k$  lesz. Ilyen jelölés mellett a  $G_1$ , illetőleg  $G_2$  görbén a  $h$  és  $h+1$  ívek közé eső (és más ívet nem tartalmazó) görbedarabot  $a_h$ , illetőleg  $b_h$ -val jelölhetjük ( $h = 1, 2, \dots, 2k$ ;  $2k+1 \equiv 1$ ). A  $2k$  kapocs alkalmazása után kapott  $G'$  görbe az  $a_1 b_2 a_3 b_4 \dots a_{2k-1} b_{2k}$ , a  $G''$  görbe pedig a  $b_1 a_2 b_3 a_4 \dots b_{2k-1} a_{2k}$  görbedarabokból és a  $2k$  kapocsnak a görbedarabokat összekötő íveiből áll. A  $h$  kapocs egyik íve az  $a_{h-1}$  és  $b_h$ , a másik íve pedig a  $b_{h-1}$  és  $a_h$  görbedarabokat köti össze. Ha tehát másodfajú a kapocs, kettőspontjában a  $G'$  és  $G''$  görbék metszik egymást.

Ennek alapján «Speciális vizsgálatok egy Gauss-féle topologiai problémáról» című dolgozatunk<sup>1</sup> III. tétele helyett a következőt mondhatjuk ki:

XXXV. Ha  $G_1$  és  $G_2$  a gömbön olyan irányított görbék, amelyeknek  $n_1$ , illetőleg  $n_2$  kettőspontjuk és egymással  $n_3$  metszéspontjuk van és ha a két görbét  $n_4$  független másodfajú kapocssal egybekötjük, akkor általánosságban csak annyit lehet mondani, hogy az  $n_4$  kapocs a két görbét páros- vagy páratlanszámú görbébe alakítja át a szerint, amint  $n_4$  páros, illetőleg páratlan. Ha azonban a két görbén az  $n_4$  független kapocshoz tartozó  $n_4$  ív sorrendje a két görbe felvett irányítása mellett ugyanaz, akkor az  $n_4$  másodfajú kapocs a  $G_1$  és  $G_2$  görbéket egy  $G$  görbébe vagy  $G'$  és  $G''$  görbékbe alakítja át a szerint, amint  $n_4$  páratlan, illetőleg páros. A  $G$  görbe kettőspontjainak száma  $n_1 + n_2 + n_3 + n_4$ , ugyanennyi a  $G'$  és  $G''$  görbék kettőspontjainak és metszéspontjainak együttes száma. Az  $n_4$  másodfajú kapocs  $n_4$  kettőspontja a  $G'$  és  $G''$  görbék metszéspontjai közé tartozik.

## 15. Két és három ciklusból álló irányított görbék és görberendszerek.

Két önmagát és egymást nem metsző irányított görbét csak akkor lehet másodfajú kapocssal összekötni, ha a két görbe az

<sup>1</sup> Matematikai és Természettudományi Értesítő, 42. kötet (1926), 270. old.

V. tételnek megfelelő színezés után különböző színű. Ekkor azonban nemcsak egy, hanem akárhány független másodfajú kapocs alkalmazható a két görbére. A megfelelő (azaz ugyanazon másodfajú kapoccsal összekötött) kapcsolható ívek sorrendje a két görbén ugyanaz. A XXXIV. tétel alapján tehát áll a következő tétel:

XXXVI. *Ha két egymást és önmagát nem metsző irányított görbét össze lehet kötni másodfajú kapoccsal, akkor  $m$  számú független másodfajú kapocs a két görbét egy vagy két görbébe alakítja át a szerint, amint  $m$  páratlan, illetőleg páros.*

Ezt a tételt a következőkép is ki lehet fejezni:

XXXVII. *Egy két ciklusból álló irányított görberendszer görbéinek száma egy vagy kettő a szerint, amint a görberendszer kettőspontjainak száma páratlan, illetőleg páros.*

Ha egy irányított  $I'$  görberendszer a gömbön  $C_1, C_2, C_3$  ciklusokból áll és ha a görberendszernek van legalább egy kettőspontja, akkor a görberendszer színezése után a három ciklus közül kettő egyszínű, míg a harmadik különböző színű. Ha  $C_1$  és  $C_2$  egyszínűek, akkor egymással nincs közös pontjuk, de van vagy lehet közös pontjuk a  $C_3$  ciklussal, a közös pontok pedig a  $I'$  görberendszer kettőspontjai.

Ha a  $C_3$  ciklus  $m_1$  kettőspontban függ össze a  $C_1$  ciklussal és  $m_2$  kettőspontban a  $C_2$  ciklussal és ha ezeket a pontokat  $A_1, A_2, \dots, A_{m_1}$ , illetőleg  $B_1, B_2, \dots, B_{m_2}$ , akkor a  $C_3$  cikluson az  $A$  és  $B$  pontok sorrendje meghatározza, hogy a  $I'$  görberendszer egy, két, avagy három görbéből áll.

Ennek belátása végett előbb igazolnunk kell a következő tételt:

XXXVIII. *Ha egy irányított  $I'$  görberendszeren (vagy görbén) a  $P$  és  $Q$  kettőspontok két olyan, további kettőspontot nem tartalmazó, ívet határoznak, amelyeknek a fölött irányítás mellett  $P$  a kezdő és  $Q$  a végpontja, akkor a  $P$  és  $Q$  kettőspontok átvágása a  $I'$  görberendszer görbéinek és ciklusainak számát nem változtatja meg.*

Ha  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  jelöli a  $P$  kezdő és  $Q$  végponttal bíró s a  $I'$  görberendszer más kettőspontját nem tartalmazó két ívet, akkor ez a két ív különböző színű (VII. tétel). A  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  ív a  $I'$

görberendszernek vagy ugyanazon  $G$  görbéjén fekszik vagy pedig a  $\gamma_1$  iv a  $I'$  görberendszer  $G_1$  görbéjén, a  $\gamma_2$  iv a  $I'$   $G_2$  görbéjén van.

Ha a  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  iv a  $G$  görbén fekszik és a  $G$  görbe kívülök még a  $\gamma_3$  és  $\gamma_4$  nyitott és irányított görbékéből áll és ha  $\gamma_1\gamma_3\gamma_2\gamma_4$  a négy iv sorrendje a  $G$  görbe irányítása szerint, akkor a  $P$  és  $Q$  kettőspontok átvágása után a  $G$  görbe olyan zárt és irányított  $G'$  görbébe megy át, amelyen  $\gamma_2\gamma_3\gamma_1\gamma_4$  a négy iv egymásutánja.

Ha  $\gamma_1$  a  $G_1$ ,  $\gamma_2$  pedig a  $G_2$  görbén fekszik, akkor  $P$  és  $Q$  a  $G_1$  és  $G_2$  görbék metszéspontjai közé tartozik. Ennek a két metszéspontnak átvágása után a  $G_1$  és  $G_2$  görbék olyan  $G'_1$  és  $G'_2$  zárt és irányított görbékbe mennek át, amelyek  $G_1$  és  $G_2$ -ből a  $\gamma_1$  és  $\gamma_2$  ívek felcserélésével keletkeznek. A  $G'_1$  görbe tehát a  $\gamma_2$ -ből és a  $G_1$  görbének  $\gamma_1$ -en kívüli darabjából, a  $G'_2$  pedig  $\gamma_1$ -ből és  $G_2$ -nek  $\gamma_2$ -n kívüli darabjából áll.

A  $P$  és  $Q$  kettőspontok átmetszése tehát egyik esetben sem változtatja meg a  $I'$  görberendszer görbéinek számát. Ebből következik a XXXVIII. tétel igazsága, mert átvágások által a ciklusok száma nem változik meg.

Ha tehát a  $G_s$  cikluson két  $A$  (vagy két  $B$ ) pont egymásután következik, a nélkül, hogy közben  $B$  (illetőleg  $A$ ) pont volna, akkor annak a két  $A$  (illetőleg  $B$ ) kettőspontnak átvágása által a  $I'$  görberendszer olyan  $I'_1$  görberendszerbe megy át, amely ugyanannyi görbéből áll, mint a  $I'$  görbe, de kettővel kevesebb kettőspontja van.

Ezt az eljárást tovább folytatva, a 3 cikusból álló  $I'$  görberendszer párosszámú kettőspontjának átvágásával végre olyan  $I^*$  görbébe megy át, amelynek  $G_s$  ciklusán nem következik egymásután két  $A$  vagy két  $B$  pont.

Ha  $m_1^*$  jelöli a  $I^*$  görberendszer  $G_s$  ciklusán az  $A$  és  $m_2^*$  pedig a  $B$  pontok számát, akkor az  $m_1^* > m_2^*$  egyenlőtlenség csak abban az esetben állhat fenn, ha  $m_1^* - 1$  és  $m_2^* = 0$ , tehát csak abban az esetben, ha  $m_1$  páratlan és  $m_2$  páros.

Ha ugyanis  $m_1^* > 1$  volna, akkor a közül az  $m_1^*$  szelet közül, amelyre az  $m_1^*$  számú  $A$  pont a  $G_s$  ciklust felosztja, volna legalább egy olyan, amely  $B$  pontot nem tartalmaz, ennél fogva

volna a  $C_3$  cikluson egymásután következő két  $A$  pont a nélkül, hogy köztük  $B$  pont volna.

Ha tehát páratlan szám a  $\Gamma$  görberendszer kettőspontjainak  $m_1 + m_2$  száma, akkor a görberendszer két zárt görbéből áll, mert a  $I^*$  görberendszert is két zárt és irányított görbe alkotja. Ha ugyanis  $m_1$  és  $m_2$  közül  $m_1$  a páratlan, akkor a  $C_1$  és  $C_3$  ciklusok a  $I^*$  görberendszeren egy olyan zárt görbét alkotnak, melynek egy kettőspontja van, a  $C_2$  ciklus pedig egymaga alkot egy zárt görbét. A  $I^*$  görberendszernek ekkor egyetlen kettőspontja van.

Azt az esetet leszámítva, amikor  $m_1^* + m_2^* = 1$ , minden más esetben  $m_1^* = m_2^*$ . Azt az esetet, amikor  $m_1^* = m_2^* = 0$  és így a  $I^*$  és vele a  $I'$  görberendszer 3 görbéből áll, elintézettnek tekinthetjük. Föltételezzük tehát, hogy  $m_1^* = m_2^* = m \neq 0$ . Ekkor a  $C_3$  cikluson az  $m$  számú  $A$  pont elválasztja az  $m$  számú  $B$  pontot.

Ha a  $I^*$  görberendszer ciklusait is  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  jelöli, akkor a  $C_1$  ciklus  $m$  számú  $A$  kettőspontban, a  $C_2$  pedig  $m$  számú  $B$  kettőspontban függ össze a  $C_3$  ciklussal és az  $A$  pontok egymásutánja a  $C_1$  és  $C_3$ , a  $B$  pontok egymásutánja a  $C_2$  és  $C_3$  ciklusokon a ciklusok irányítása mellett ugyanaz.

Ha a  $C_3$  cikluson a ciklus irányítása értelmében az  $m$  számú  $A$  és  $m$  számú  $B$  pont sorrendje.

$$A_1 B_1 A_2 B_2 \dots A_m B_m,$$

akkor a  $I^*$  görberendszernek azon a  $G'$  görbéjén, amely az  $A_1$  pontból a  $C_1$  cikluson (a ciklus irányában) indul ki, a  $I^*$  kettőspontjainak sorrendje

$$A_1 A_2 B_2 B_3 A_4 A_5 B_5 B_6 \dots A_{3k+1} A_{3k+2} B_{3k+2} B_{3k+3} \dots \quad (*)$$

A  $G'$  görbe tehát az  $A_1 A_2$ ,  $A_2 B_2$ ,  $B_2 B_3$ ,  $B_3 A_4$ ,  $A_4 A_5$ ,  $A_5 B_5$ ,  $B_5 B_6$ , ... egymásra következő ívekből áll, amelyek közül az  $A_1 A_2$ ,  $A_4 A_5$ , ... a  $C_1$  cikluson, a  $B_2 B_3$ ,  $B_5 B_6$ , ... a  $C_2$  cikluson fekvő és ugyanazon színű irányított ívek, míg az  $A_2 B_2$ ,  $B_3 A_4$ ,  $A_5 B_5$ ,  $B_6 A_7$ , ... ívek a  $C_3$  cikluson fekszenek és színük a  $C_2$  és  $C_3$  ciklusok színétől különbözik.

A (\*)-gal jelölt sorban az indexeket  $m$ -en túl is lehet foly-

tatni, az  $A_i$  és  $A_j$ , vagy  $B_i$  és  $B_j$  azonban ugyanazt az  $A$ , illetőleg  $B$  pontot jelentik, ha  $i \equiv j \pmod{m}$ .

A  $G'$  görbét akkor írjuk le teljesen, amikor a (\*) sorban először érünk olyan  $A_{3k+1}$  ponthoz, amely  $A_1$ -gyel megegyezik. Ekkor a sor további  $A_{3k+2}$ ,  $B_{3k+2}$ ,  $B_{3k+3}$ , ... pontjai rendre egybeesnek az  $A_2$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ , ... pontokkal. Lehetséges, hogy a (\*) sorban már  $A_{3k+1}$  előtt van olyan  $A_{3k+2}$  pont, amely  $A_1$ -gyel egybeesik. Ez utóbbi esetben  $A_1$  kettőspontja a  $G'$  görbének.

Ahhoz, hogy a (\*) sorban az  $A_{3k+1}$   $A_1$ -gyel egybeessék, szükséges, hogy fennálljon a

$$3k+1 \equiv 1 \pmod{m}, \text{ vagyis a } 3k \equiv 0 \pmod{m}$$

kongruencia. A legkisebb  $k$  pozitív szám, amely mellett  $3k \equiv 0 \pmod{m}$ ,  $k=m$  akkor, ha  $m$  hárommal nem osztható és  $k = \frac{m}{3} = n$  akkor, ha  $m=3n$  hárommal osztható.

Ebből következik, hogy  $I^*$  és vele a  $I'$  görberendszer is egy görbéből áll, ha  $m$  hárommal nem osztható, és három görbéből áll akkor, ha  $m$  hárommal osztható.

Azon a három görbén, amelyből  $m=3n$  esetén a  $I^*$  görberendszer áll, a görberendszer kettőspontjainak sorrendje:

$$A_1, A_2, B_2, B_3, A_4, A_5, B_5, B_6, \dots, A_{3n-2}, A_{3n-1}, B_{3n-1}, B_{3n}, \quad (*)$$

$$A_2, A_3, B_3, B_4, A_5, A_6, B_6, B_7, \dots, A_{3n-1}, A_{3n}, B_{3n}, B_1, \quad (**)$$

$$A_3, A_4, B_4, B_5, A_6, A_7, B_7, B_8, \dots, A_{3n}, A_1, B_1, B_2. \quad (***)$$

E három görbe egyikének sincs kettőspontja.

Ennek alapján kimondhatjuk a következő tételt:<sup>1</sup>

XXXIX. Ha a gömbön fekvő  $I'$  irányított görberendszer  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  ciklusokból áll, amelyek közül a  $C_3$  ciklus  $m_1$  kettőspontban függ össze a  $C_1$  és  $m_2$  kettőspontban a  $C_2$  ciklussal, akkor a görberendszer kettőspontjainak száma  $m_1+m_2$ . Ha  $m_1+m_2$  páratlan szám, akkor a görberendszer két görbéből áll. Ha  $m_1+m_2$  párosszám, akkor a  $I'$  görberendszer görbéinek száma vagy egy, vagy három.

<sup>1</sup> Ez a tétel általánosítása és helyesbítése a «Speciális vizsgálatok egy GAUSS-féle topologiai problémáról» című dolgozat IV. tételének. Math. és Természettud. Értesítő, 42. kötet (1926), 272. old.

Jelöljük azt az  $m_1$ , illetőleg  $m_2$  pontot, amelyekben a  $C_3$  ciklus a  $C_1$ , illetőleg  $C_2$  ciklussal összefügg, A, illetőleg B betűkkel és hagyjuk ki a  $C_3$  cikluson fekvő  $m_1 + m_2$  pont közül az ugyanazon betűvel jelölt olyan pontpárokat, amelyeknek két-két pontja közé a  $C_3$  cikluson nem esik más pont, hagyjuk ki a megmaradt pontok közül is az ugyanazon betűvel jelölt olyan pontpárokat, amelyek közé a  $C_3$  cikluson nem esik más pont, akkor végül olyan  $m$  A és  $m$  B pont marad a  $C_3$  cikluson, amelyek felváltva következnek egymásután. A  $I'$  görberendszer egy görbéből áll akkor, ha  $m$  nem osztható hárommal és három görbéből áll akkor, ha  $m$  zéró vagy hárommal osztható pozitív szám.

Ebből a tételből következik a következő:

XL. Legyen  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  három önmagát és egymást nem metsző irányított görbe, ciklus, a gömbön, amelyek közül  $C_3$  színe a  $C_1$  és  $C_2$  ciklus színétől különbözik. Vegyünk föl a  $C_3$  cikluson  $m_1 + m_2$  számú egymáson kívül fekvő elég kicsiny ívet, amelyek közül jelöljünk  $m_1$ -et  $a$ -val és  $m_2$ -t  $b$ -vel. Kapcsoljuk össze az  $a$ , illetőleg  $b$  íveket a  $C_1$ , illetőleg  $C_2$  görbén fekvő ívekkel  $m_1$ , illetőleg  $m_2$  független kapocs által. Az így kapott  $I'$  görberendszer két görbéből áll, ha  $m_1 + m_2$  páratlan, egy vagy három görbéből áll azonban akkor, ha  $m_1 + m_2$  páros.

Ha a  $C_3$  cikluson egymásra következő két-két ugyanolyan jelű ív kihagyásával végre olyan  $m$  számú  $a$  és  $m$  számú  $b$  ívhez jutunk, amelyek a  $C_3$  cikluson felváltva következnek egymásután, akkor a  $I'$  görberendszer három vagy egy görbéből áll a szerint, amint  $m$  hárommal osztható vagy nem osztható.



# TOPOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE GESCHLOSSENEN ORIENTIERTEN KURVEN AUF DER SPHÄRE.

Von JULIUS v. SZ. NAGY.

Der Verfasser untersucht solche geschlossene orientierte Kurven auf der Sphäre, die ausserhalb gewöhnlicher Doppelpunkte keinen anderen mehrfachen Punkt haben und deren Schnittpunkte von den Doppelpunkten abweichen.

Es seien  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$ , zwei genügend kleine, orientierte Bogen die auf einer Kurve oder auf zwei Kurven liegen, keinen gemeinsamen Punkt haben, keinen Doppelpunkt und keinen Schnittpunkt der auf der Sphäre liegenden Kurven enthalten und den Anfangspunkt  $A_1$  bzw.  $B_1$  haben. Die Bogen  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$  sind *verbindbar*, wenn es auf der Sphäre ein einfach geschlossenes Gebiet  $T$  gibt, dessen Grenze die Bogen  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$  enthält, dessen Inneres aber keinen Punkt der auf der Sphäre liegenden Kurven enthält. Die Orientierung der verbindbaren Bogen  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$  ist gleich oder entgegengesetzt, je nachdem sie auf der Grenze des Gebietes  $T$  dieselben oder entgegengesetzte Orientierungen bestimmen.

Sind  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$  verbindbare Bogen, bedeuten die Bogen  $A_1B_2$  und  $B_1A_2$  doppelpointlose Bogen im Gebiete  $T$ , die höchstens einen Schnittpunkt haben, und ersetzt man die Bogen  $A_1A_2$  und  $B_1B_2$  durch die Bogen  $A_1B_2$  und  $B_1A_2$ , so wendet man eine *Schliesse* an. Die *Schliesse* ist *von der ersten bzw. zweiten Art*, je nachdem die Bogen  $A_1B_2$  und  $B_1A_2$  keinen bzw. einen Schnittpunkt haben.

Die Umkehrung einer Schliesse erster Art ist wieder eine

Schliesse erster Art. Die Umkehrung einer Schliesse zweiter Art ist der Durchschnitt eines Doppelpunktes oder eines Schnittpunktes, wodurch die Kurven orientiert bleiben. Geschlossene orientierte Kurven werden durch Schliessen und Durchschnitte wieder in geschlossene und orientierte Kurven überführt.

Sind  $C_1, C_2, \dots, C_k$  geschlossene orientierte Kurven auf der Sphäre und hat die Kurve  $C_h$  ( $h=1, 2, \dots, k$ )  $n_h$  Doppelpunkte und mit den übrigen  $k-1$  Kurven  $m_h$  Schnittpunkte, so wird die Kurve  $C_h$  durch diese  $n_h + m_h$  Punkte in  $2n_h + m_h$  Strecken geteilt. Diese Strecken können durch zwei Farben so gefärbt sein, dass je zwei auf einer Kurve aufeinander folgende Strecken verschiedene Farben haben und je zwei verbindbare Bogen dieselbe Farbe oder verschiedene Farben haben, je nachdem ihre Orientierungen gleich, bzw. entgegengesetzt sind.

Die Strecken von derselben Farbe bilden eine gewisse Anzahl der geschlossenen orientierten einfachen Kurven, *Zykel*, von denen keine zwei Zykel von derselben Farbe oder von verschiedenen Farben einander schneiden.

Einfachheitshalber werden die folgenden Definitionen eingeführt:

Eine gewisse endliche Anzahl der geschlossenen orientierten Kurven der Sphäre wird ein *Kurvensystem* oder kurz ein *System* genannt. Die Doppelpunkte und die Schnittpunkte der Kurven sind Doppelpunkte des Systems. Schneiden je zwei Kurven  $C_h$  und  $C_i$  des Systems einander, oder kann man von den übrigen Kurven des Systems eine Reihe so aufschreiben, dass je zwei aufeinander folgende Kurven der Reihe einander schneiden und die erste bzw. die letzte Kurve der Reihe von der Kurve  $C_h$  bzw.  $C_i$  geschnitten wird, so ist das System *zusammenhängend*. Ist ein System nicht zusammenhängend, so zerfällt es in eine bestimmte Anzahl zusammenhängende Kurvensysteme.

Der Verfasser beweist unter Anderen die folgenden Sätze:

Bilden  $k$  geschlossene orientierte Kurven ein zerfallendes System, das  $n$  Doppelpunkte hat und in  $s$  zusammenhängende Systeme zerfällt, so besteht das System aus  $c = n + 2s - k - 2r$  Zykeln, wo  $r$  eine nicht negative ganze Zahl ist.

Wird ein aus  $k$  geschlossenen orientierten Kurven beste-

hendes Kurvensystem durch  $m$  Schliessen in ein solches System überführt, das aus  $h$  Kurven besteht, so gelten die Relationen

$$k - m \leq h \leq k + m \quad \text{und} \quad h \equiv k + m \pmod{2}.$$

Eine geschlossene orientierte Kurve mit  $n$  Doppelpunkten und mit  $c$  Zykeln lässt sich durch Durchschnitt ihrer gewissen  $n + 1 - c$  Doppelpunkte in eine orientierte Kurve mit denselben Zykeln überführen, die nur  $c - 1$  Doppelpunkte hat.

Ein orientiertes System (oder eine geschlossene orientierte Kurve) mit  $n$  Doppelpunkten und mit  $c$  Zykeln lässt sich durch  $n + 1 - c$  Schliessen erster Art in eine Kurve mit denselben Doppelpunkten und  $n + 1$  Zykeln überführen.

Eine geschlossene orientierte Kurve lässt sich durch Schliessen zweiter Art in solche Kurven überführen, von denen keine zwei einander schneiden.

Werden  $m$  Schliessen auf ein orientiertes Kurvensystem angewandt, so wird das System durch die den Schliessen zugehörigen  $m$  Paare der verbindbaren Bogen in  $2m$  orientierte offene Kurven geteilt. Die Aufeinanderfolgen der verbindbaren  $2m$  Bogen auf den einzelnen Kurven des Systems bestimmen die Aufeinanderfolgen der offenen Kurven, von denen durch die Schliessen je eine geschlossene orientierte Kurve gebildet wird.

Haben die geschlossenen orientierten Kurven  $C_1$  und  $C_2$   $n_1$  bzw.  $n_2$  Doppelpunkte,  $n_3$  Schnittpunkte und werden die Kurven  $C_1$  und  $C_2$  durch  $n_4$  unabhängige Schliessen zweiter Art verbunden, so erhält man eine gerade bzw. ungerade Anzahl der orientierten geschlossenen Kurven, je nachdem  $n_4$  eine gerade bzw. ungerade Zahl ist. Stimmen aber die Aufeinanderfolgen der zu den  $n_4$  Schliessen gehörigen auf der Kurve  $C_1$  bzw.  $C_2$  liegenden  $n_4$  Bogen überein, so stellen die  $n_4$  Schliessen aus den Kurven  $C_1$  und  $C_2$  eine Kurve bzw. zwei Kurven dar, je nachdem  $n_4$  eine ungerade bzw. eine gerade Zahl ist.

Hat ein aus den drei Zykeln  $Z_1, Z_2, Z_3$  bestehendes orientiertes System  $I'$   $m$  Doppelpunkte, so liegen diese  $m$  Punkte alle auf einem Zykel. Ist  $Z_3$  dieser Zykel, so hängt  $Z_3$  mit  $Z_1$  in  $m_1$  und mit  $Z_2$  in  $m_2$  Doppelpunkten zusammen, wo

$m_1 + m_2 = m$  ist. Ist  $m$  eine ungerade Zahl, so besteht das System aus zwei Kurven. Ist aber  $m$  eine gerade Zahl, so bezeichnet man die  $m_1$  bzw.  $m_2$  Doppelpunkte des Systems, in denen die Zyklen  $Z_1$  und  $Z_2$ , bzw.  $Z_2$  und  $Z_3$  zusammenhängen, mit den Buchstaben  $A$  bzw.  $B$ . Lässt man von den  $m$  Punkten auf dem Zykel  $Z_3$  je zwei aufeinander folgende und mit demselben Buchstaben bezeichnete Punkte herausfallen, und setzt man dieses Verfahren auch für die auf  $Z_3$  noch gebliebenen Punkte fort, so erhält man endlich auf  $Z_3$  ebensoviele  $A$  wie  $B$  Punkte, die wechselnd aufeinander folgen. Ist nun die gemeinsame Anzahl dieser  $A$  und  $B$  Punkte relativ prim zu 3, so besteht das System  $I'$  aus einer Kurve, im entgegengesetzten Falle ist  $I'$  von drei Kurven gebildet.<sup>1</sup>

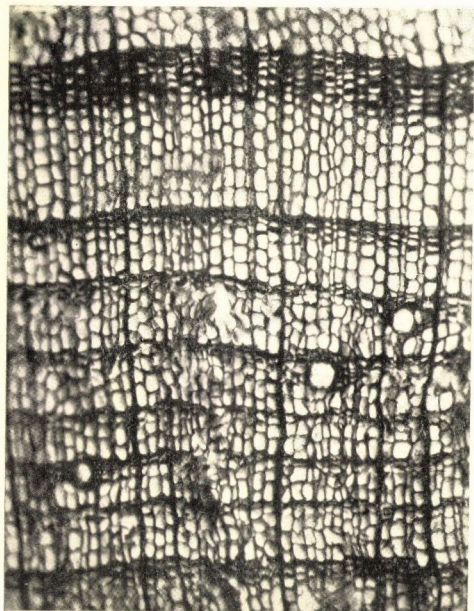
---

<sup>1</sup> Die letzten zwei Sätze sind Verallgemeinerungen und Berichtigungen der Sätze XXI. und XXII. in der Abhandlung «Über ein topologisches Problem von GAUSS», Math. Zeitschrift 26 (1927), S. 586, 588.

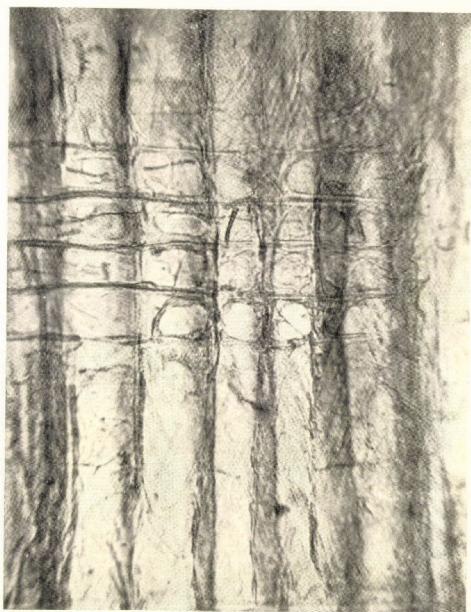
---

(Aus der Sitzung vom 14 Januar 1929 der III. Klasse der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.)

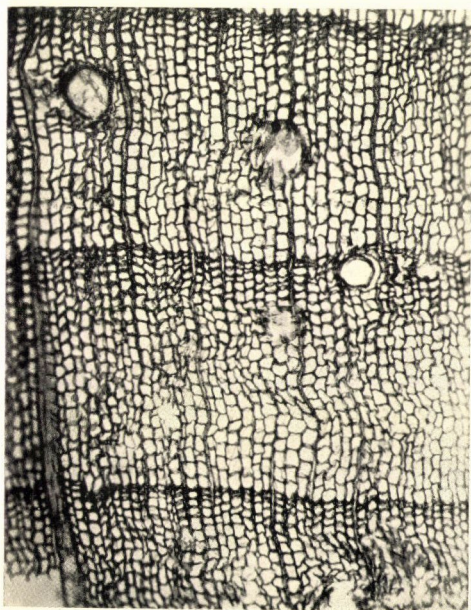




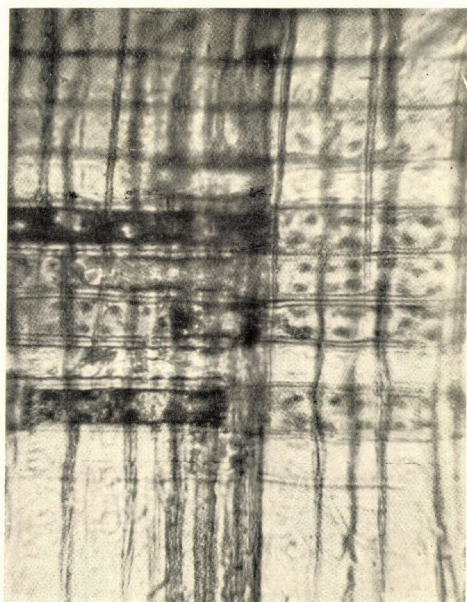
1.



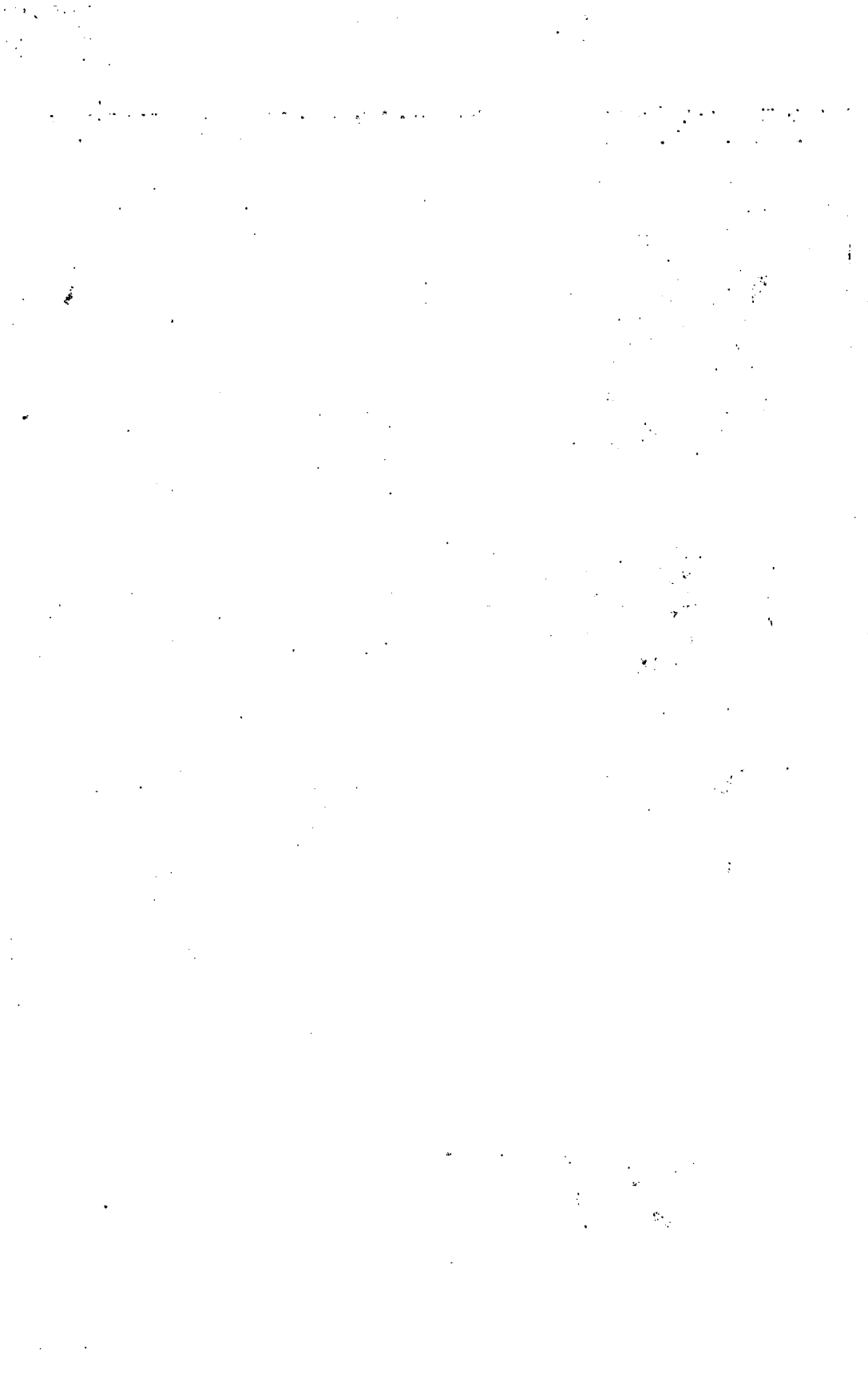
2.



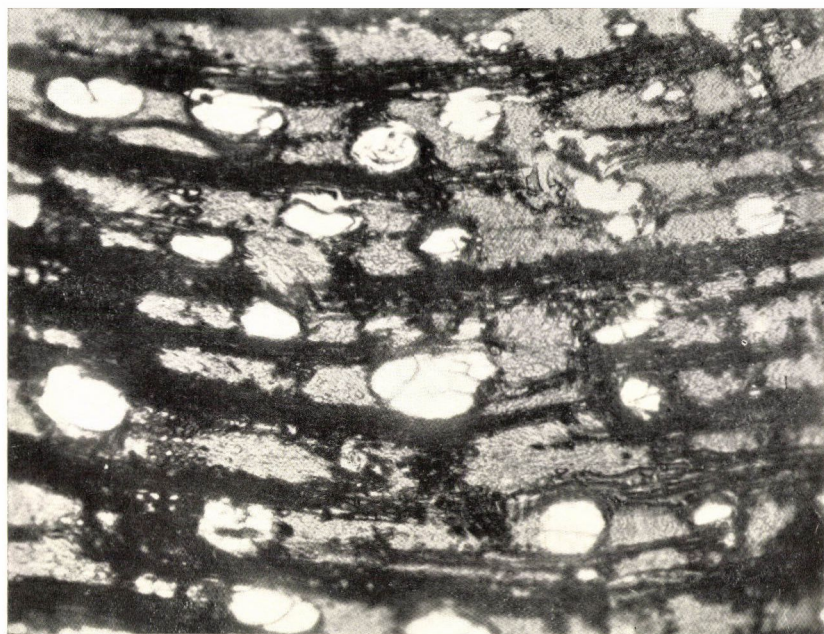
3.



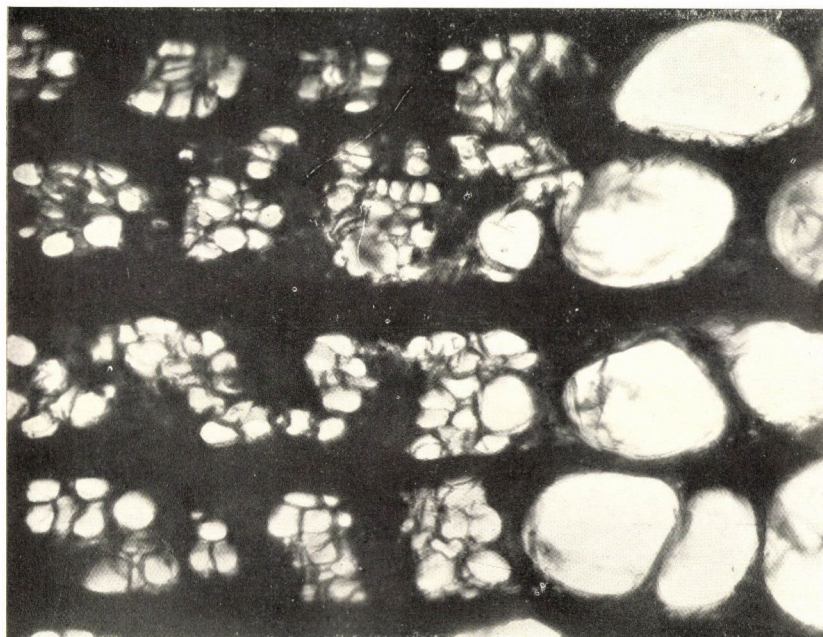
4.







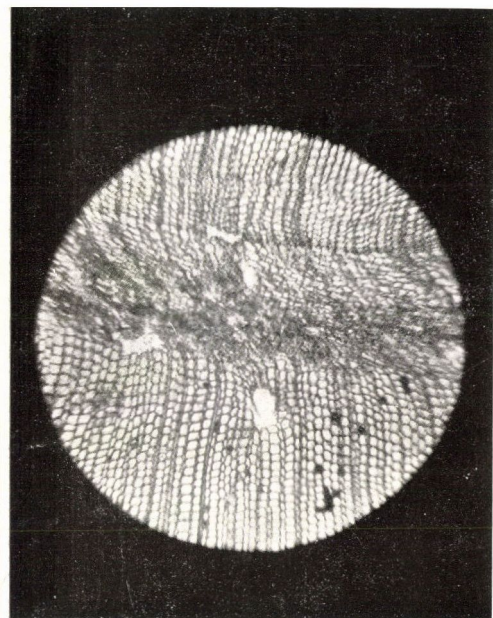
5.



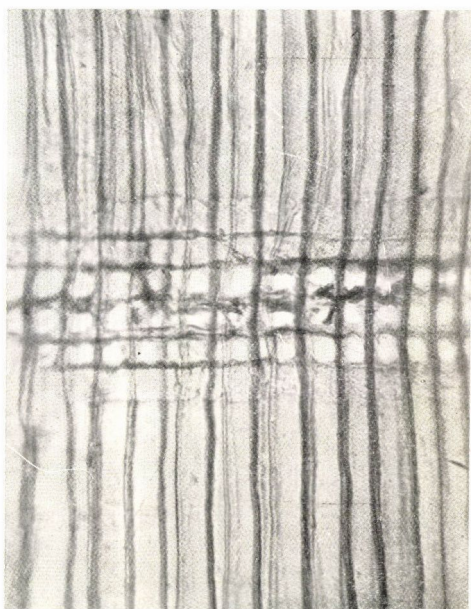
6.



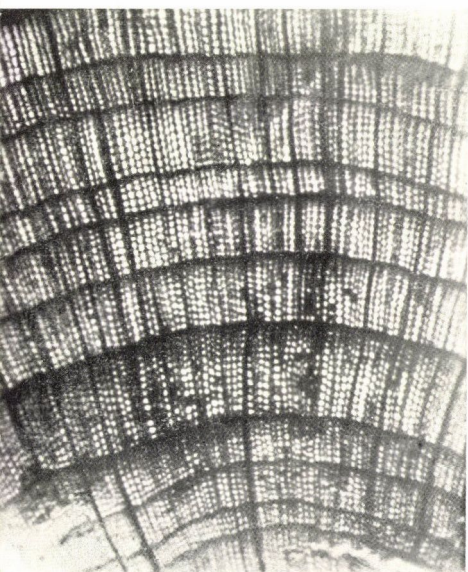




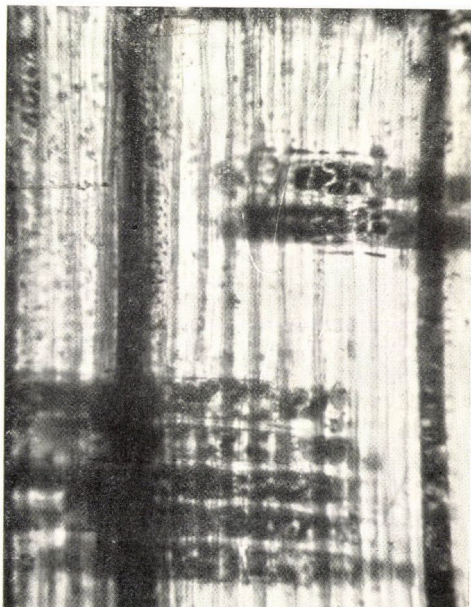
7.



8.

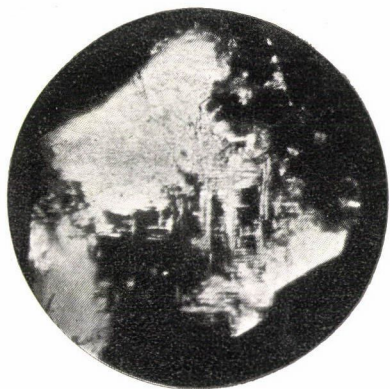


9.

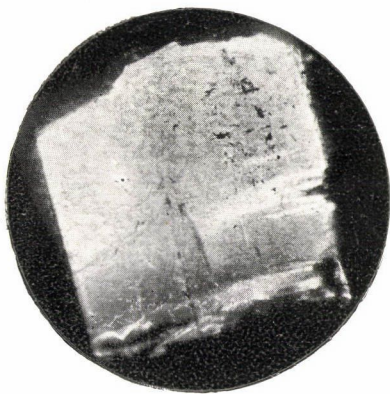


10.





3.



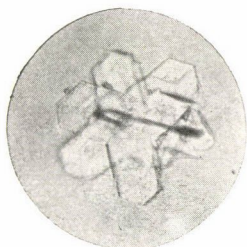
4.



5.



6.



7.



8.

